

### Beschreibung

#### Lithographie-Objektiv und Projektionsbelichtungsanlage mit mindestens einem solchen Lithographie-Objektiv

- 5 Die Erfindung betrifft ein optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung eines in einer Objekzebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in der Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld sowie eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit mindestens ei-
- 10 nem solchen optischen Abbildungssystem.

Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlagen werden für die mikrolithographische Herstellung von Halbleiterbauelementen und anderen feinstrukturierten Bauteilen eingesetzt. Eine Projektionsbelichtungsan-

15 ge hat ein Beleuchtungssystem und ein dem Beleuchtungssystem nachgeschaltetes Projektionsobjektiv. Aufgabe des Beleuchtungssystems ist es, das Licht einer primären Lichtquelle, beispielsweise eines Lasers, so aufzubereiten, dass eine in einer Austrittsebene des Beleuchtungssystems angeordnete Maske (Retikel) mit einem abzubildenden Muster in

20 einer definiert vorgebbaren Weise beleuchtet werden kann. Die Maske befindet sich in der Objekzebene des nachgeschalteten Projektionsobjektivs, dessen Aufgabe es ist, das Muster der Maske mit höchster Auflösung auf einen mit einer lichtempfindlichen Schicht beschichteten Gegenstand, z.B. einen mit einer Photoresistschicht beschichteten Halbleiterwafer, mit höchster Auflösung abzubilden.

25

Ein Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie ist ein komplexes beugungsbegrenztes optisches Abbildungssystem mit einer Vielzahl von Linsen, deren Anzahl und Durchmesser typischerweise zunimmt, je höher die Anforderungen an das Auflösungsvermögen und die optische

30 Korrektur werden. Moderne Projektionsobjektive, die zur Auflösung von typischen Strukturgrößen von 100 nm oder darunter ausgelegt sind und

mit Ultraviolettlicht aus dem tiefen Ultraviolettbereich (DUV) arbeiten, haben häufig mehr als zwanzig Linsen, die bei katadioptrischen Systemen noch durch mindestens einen abbildenden Konkavspiegel ergänzt werden.

5

Innerhalb des Beleuchtungssystems ist normalerweise ebenfalls mindestens ein optisches Abbildungssystem vorgesehen, um ein in einer Zwischenfeldebene des Beleuchtungssystems angeordnetes Beleuchtungsfeld in die Austrittsebene des Beleuchtungssystems abzubilden.

- 10 Eine wesentliche Aufgabe eines solchen Abbildungssystems ist es, die Eigenschaften des Beleuchtungslichtes hinsichtlich Feldgröße und Strahlverlauf an die eintrittsseitigen Erfordernisse des nachfolgenden Projektionsobjektivs anzupassen. Dabei spielt die Einstellung der Telezentrie des Beleuchtungslichts eine wesentliche Rolle. Solche Abbildungssysteme werden häufig als Relais-Objektiv bezeichnet. Dient das
- 15 Objektiv dazu, eine mit einer Retikel-Maskierungseinrichtung (REMA) ausgestattete Zwischenfeldebene des Beleuchtungssystems in die Austrittsebene des Beleuchtungssystems bzw. auf das Retikel abzubilden, wird auch die Bezeichnung REMA-Objektiv verwendet. Auch diese Ab-
- 20 bildungssysteme haben einen komplexen Aufbau mit einer Vielzahl von Linsen, die zum Teil große Durchmesser haben können.

- Es wird schon seit langem versucht, durch den Einsatz von asphärischen Flächen (Asphären) eine günstigere Konstruktion der eingangs
- 25 erwähnten Abbildungssysteme zu erzielen. Eine asphärische Fläche ist eine zur Reflexion oder Berechnung eines Lichtbündels dienende optische Fläche, die weder kugelförmig (sphärisch) noch eben ist. Bekanntlich schaffen asphärische Flächen zusätzliche Freiheitsgrade in den Korrekturmöglichkeiten, die für eine verbesserte optische Korrektur
- 30 und/oder für eine Verringerung der Flächenzahl und/oder zur Bereitstellung besonderer optischer Eigenschaften genutzt werden können.

Das Patent US 4,906,080 zeigt eine Projektionsbelichtungsanlage mit Beleuchtungssystem und nachgeschaltetem Projektionsobjektiv. Um das vom Beleuchtungssystem bereitgestellte Licht an das Projektionsobjektiv anzupassen, enthält das Beleuchtungssystem ein Abbildungssystem mit  
5 mindestens einer asphärischen Fläche, die so berechnet ist, dass die Hauptstrahlwinkel der vom Beleuchtungssystem abgegebenen Strahlung im wesentlichen mit den Hauptstrahlwinkeln des nachfolgenden Projektionsobjektives übereinstimmen. Um diese Anpassung an die Telezentrierfordernisse des Projektionsobjektivs zu gewährleisten, ist bei  
10 einer Ausführungsform die letzte, der Austrittsebene bzw. Bildebene des Abbildungssystems zugewandte Linsenfläche eine asphärische Fläche, deren Flächenform die Strahlwinkelanpassung wesentlich bestimmt.

Die Patentanmeldung EP 1 316 832 (entsprechend WO 02/14924) zeigt  
15 ein Relais-Objektiv für ein Beleuchtungssystem einer Projektionsbelichtungsanlage, bei dem zur Reduzierung der Anzahl von Linsen und zur Gewichtsreduktion bei Beibehaltung seiner optischen Eigenschaften mehrere asphärische Flächen vorgesehen sind, wobei mindestens eine der Asphären in der Nähe der Objektebene oder in der Nähe der Bildebene, also in der Nähe einer Feldebene, angeordnet ist.  
20

Die Patentanmeldung US 2002/0171944 A1 zeigt ein Beleuchtungssystem für eine Projektionsbelichtungsanlage, in dem ein Relais-Objektiv vorgesehen ist, das in drei Linsengruppen unterteilt ist. Eine der Objektebene nächste erste Linsengruppe hat eine Negativlinse mit einer zur  
25 Objektebene weisenden Konkavfläche, eine zweite Linsengruppe mit einer Positivlinse und eine dritte Linsengruppe. In der ersten Linsengruppe ist mindestens eine der Linsenflächen asphärisch.

30 Die deutsche Patentanmeldung DE 196 53 983 (entsprechend US 6,366,410) zeigt ein REMA-Objektiv, bei dem es durch den Einsatz weniger asphärischer Flächen gelungen ist, die Anzahl der zu Reflexions-

- verlusten führenden Grenzflächen innerhalb des Systems und den die Absorption mitbestimmenden Glasweg innerhalb des Systems im Vergleich zum Stand der Technik zu reduzieren, so dass ein wesentlich verbesserter Transmissionswirkungsgrad erreicht wird. Bei den asphärisierten Linsen ist jeweils eine Linsenfläche asphärisch. Bei manchen Ausführungsformen sind asphärische Flächen sowohl in der Nähe einer Pupillenebene des Abbildungssystems als auch in der Nähe der Objektebene und/oder der Bildebene angeordnet.
- 10 Das Patent EP 0 869 383 B1 zeigt ein doppelt-fokussierendes katadioptrisches Projektionsobjektiv mit Zwischenbild, bei dem eine Linse mit einer asphärischen Linsenfläche in der Nähe einer Feldebene und eine Linse mit einer asphärischen Linsenfläche in großem Abstand zu einer Feldebene in der Nähe einer Pupillenebene angeordnet ist. Durch die
- 15 Verwendung dieser Asphärenlinsen sollen die Verzeichnung und die sphärische Aberration gleichzeitig korrigiert werden können, ohne dass andere Aberrationen nachteilig beeinflusst werden.

- Die europäische Patentanmeldung EP 1 079 253 (entsprechend WO 99/52004) zeigt katadioptrische Projektionsobjektive für einen Wellenlängenbereich von weniger als 180 nm, bei denen vier oder mehr asphärische Flächen zur Unterstützung der optischen Korrektur vorgesehen sind. Aufgrund der hohen Anzahl von Asphären sind bei manchen Ausführungsformen an mehreren Stellen die einander zugewandten Linsenflächen benachbarter Linsen asphärische Flächen.
- 20
- 25

- Die Patentanmeldung US 2003/0030916 A1 zeigt verschiedene refraktive Projektionsobjektive, die als Dreibauchsysteme mit drei Bäuchen und zwei dazwischen liegenden Taillen ausgebildet sind und eine Vielzahl von Asphären haben. Die Asphärenflächen sind in den Taillengebieten konzentriert, wobei bei einer Ausführungsform in Taillennähe vier aufeinanderfolgende Asphären vorgesehen sind.
- 30

Aus der EP 0 851 304 A2 ist die benachbarte Anordnung von asphärischen Linsenoberflächen benachbarter Linsen in einem Projektionsobjektiv bekannt. Die einander zugewandten, asphärischen Flächen sind  
5 im Bereich einer Pupillenebene des Projektionsobjektivs angebracht und nicht-rotationssymmetrisch. Sie sind in Radialrichtung relativ zueinander verschiebbar gelagert. Durch die Relativverschiebung wird die Differenz zwischen den einander zugewandten asphärischen Flächen und damit die kombinierte Wirkung der asphärischen Flächen verändert. Dadurch  
10 soll es möglich sein, die optischen Abbildungseigenschaften des Projektionsobjektivs variabel einzustellen.

Die internationale Patentanmeldung WO 01/50171 (entsprechend EP 1 242 843) zeigt refraktive Projektionsobjektive, die als Dreibauchsysteme  
15 mit drei Bäuchen und zwei zwischen den Bäuchen liegenden Tailen ausgelegt sind. Im Bereich der Taille zwischen einer der Objektebene folgenden ersten Linsengruppe mit positiver Brechkraft und einer darauffolgenden zweiten Linsengruppe mit negativer Brechkraft gibt es ein Paar von Linsen mit einander zugewandten, asphärischen Linsenober-  
20 flächen. Diese Anordnung von an verschiedenen Linsen benachbart zueinander angeordneten asphärischen Linsenoberflächen wird dort auch als „Doppelasphäre“ bezeichnet. Durch den Einsatz mindestens einer Doppelasphäre im Bereich des ersten Bauches wurde im Vergleich zu Vorgängersystemen eine Korrektur von Eingangstelezentrie und Ver-  
25 zeichnung mit geringen Mitteln auf kurzer Distanz möglich, wobei gleichzeitig eine Steigerung der bildseitigen numerischen Apertur erzielt wurde.

Die vorteilhaften Wirkungen von Asphären ergeben sich im wesentlichen  
30 dadurch, dass es mit Hilfe von asphärischen Linsenflächen möglich ist, eine bestimmte, durch sphärische Linsenflächen nicht erzielbare Variation im radialen Brechkraftverlauf durch geeignete Deformation der

Asphäre einzustellen. Um hier durch den Einsatz von Asphären ein Optimum an Freiheitsgraden für das optische Design zu erzielen, werden zunehmend Asphären mit starken Deformationen benötigt. Hierbei ergeben sich jedoch Probleme, da die Fertigung von asphärischen Linsenflächen mit starken Deformationen sowohl im Hinblick auf die Bearbeitung der asphärischen Linsenoberfläche, als auch im Hinblick auf die Prüfung der asphärischen Linsenoberfläche an technologische Grenzen stößt.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage bereitzustellen, das zur Beeinflussung seiner Abbildungseigenschaften mehrere asphärische Linsenflächen enthält, wobei die Herstellung und Prüfung der asphärischen Flächen im Vergleich zum Stand der Technik vereinfacht ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe stellt die Erfindung ein optisches Abbildungssystem mit dem Merkmal von Anspruch 1 bereit. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Wortlaut sämtlicher Ansprüche wird durch Bezugnahme zum Inhalt der Beschreibung gemacht.

Ein erfindungsgemäßes optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage dient zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld. Das

optische Abbildungssystem umfasst:

eine Vielzahl von Linsen, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind und jeweils eine erste Linsenfläche und eine zweite Linsenfläche aufweisen,

wobei mindestens eine der Linsen eine Doppelasphärenlinse ist, bei der die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche eine asphärische Fläche ist.

Das optische Abbildungssystem, das im folgenden auch als „Lithographie-Objektiv“ bezeichnet wird, hat somit mindestens zwei asphärische Flächen, die an ein- und derselben Linse vorgesehen sind, so dass sowohl die Eintrittsfläche der Linse, als auch die Austrittsfläche der Linse  
5 asphärisch gekrümmt ist. Eine solche Linse wird im folgenden auch als „Biasphäre“ bezeichnet.

Die Erfinder haben herausgefunden, dass es durch Verwendung von Doppelasphärenlinsen dieser Art möglich ist, Linsen zu schaffen, die die  
10 Wirkung einer Asphäre mit sehr starker Deformation haben, und die dennoch so ausgelegt sein können, dass sie bei Verwendung herkömmlicher Verfahren zur Oberflächenbearbeitung und zur Prüfung der Oberflächen mit guter Qualität und vertretbarem Aufwand herstellbar sind. Durch Asphärisierung beider Linsenflächen einer Linse kann gegebenfalls ein starker radialer Verlauf der Brechkraft einer Asphäre erzeugt  
15 werden. Der Beitrag der einzelnen asphärischen Linsenflächen zum Brechkraftverlauf, und die damit verknüpfte Deformation der Einzelflächen, kann dennoch so gering gehalten werden, dass Herstellung und Prüfung der Oberflächen mit vertretbarem Aufwand möglich sind.

20

Bei manchen Ausführungsformen sind die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse symmetrisch zueinander gestaltet. Auf diese Weise kann bei minimaler Deformation eine starke Asphärenwirkung erzielt werden. Symmetrische Doppelasphärenlinsen  
25 sind auch im Hinblick auf die Fertigung und Prüfung vorteilhaft, da für beide Linsenflächen im wesentlichen der gleiche Herstellungs- und Prüfprozess genutzt werden kann.

Die Doppelasphärenlinse kann eine bikonvexe Positivlinse oder eine bi-  
30 konkave Negativlinse sein. Es sind auch Ausführungsformen möglich, bei denen die Doppelasphärenlinse eine Meniskuslinse ist, also eine Linse, bei der die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche glei-

chen Krümmungssinn haben. Doppelasphären können auch als Plankonvexlinse oder Plankonkavlinse mit einer im wesentlichen ebenen, jedoch asphärisierten ersten Linsenfläche und einer asphärisch gekrümmten zweiten Linsenfläche sowie als Planplatte mit beidseitig  
5 asphärischem Anteil ausgebildet sein.

Im Hinblick auf vereinfachte Fertigung und Prüfung hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben. Sie können also im wesentlichen identisch gestaltet sein.  
10

Eine vereinfachte Prüfung kann dadurch erreicht werden, dass eine erste asphärische Linsenfläche und eine zweite asphärische Linsenfläche so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführt werden können. Bezogen auf eine Fläche vorgegebener Oberflächenform ist ein orthotomes Lichtbündel ein solches Lichtbündel, dessen Strahlen jeweils Normalen zu der Oberfläche sind, auf die das Lichtbündel fällt. Werden bei der Prüfung von  
15 Asphären Prüfoptiken verwendet, die so gestaltet sind, dass das austretende Licht im wesentlichen senkrecht auf die zu prüfende Asphärenfläche fällt, so kann eine solche Prüfoptik unverändert zur Prüfung verschieden großer Asphären genutzt werden, solange deren Asphärenflächen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.  
20

25

Generell sind erste und zweite asphärische Linsenflächen günstig, bei denen beide Flächen „ähnliche“ Asphären in dem Sinne sind, dass sie mit derselben Prüfoptik, gegebenenfalls bei unterschiedlichem Arbeits- oder Prüfabstand, prüfbar sind.

30

Die Vorteile, die sich dadurch ergeben, dass mindestens zwei asphärische Linsenfläche innerhalb eines optischen Abbildungssystems im we-



sentlichen identische Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben und/oder im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführt werden können und/oder im wesentlichen so gestaltet sind, dass sie mit der gleichen Prüfoptik prüfbar sind, können nicht nur bei der Verwendung erfindungsgemäßer Doppelasphärenlinsen genutzt werden. Vielmehr können zueinander ähnliche oder identische Asphären auch auf verschiedenen Linsen eines Abbildungssystems, gegebenenfalls mit großem Abstand zueinander und/oder mit mindestens einer dazwischenliegenden optischen Fläche, angeordnet sein. Die Vorteile hinsichtlich Herstellbarkeit und Prüfbarkeit bleiben erhalten.

Bei einer Weiterbildung der Erfindung ist die Doppelasphärenlinse in einem feldnahen Bereich des Abbildungssystems angeordnet und wirkt somit als Feldlinse. Ein „feldnaher Bereich“ in diesem Sinne ist insbesondere ein in der Nähe einer Feldebene des Abbildungssystems liegender Bereich, in dem die Randstrahlhöhe der optischen Abbildung kleiner als oder klein gegen die Hauptstrahlhöhe ist. Typischerweise beträgt im feldnahen Bereich die Randstrahlhöhe weniger als 50%, 40%, 30%, 20% oder 10% der Randstrahlhöhe im Bereich einer aperturbegrenzenden Blende. Mit feldnahen Doppelasphärenlinsen ist eine wirksame Verzeichnungskorrektur sowie eine Einstellung der Telezentrie in der nächstliegenden Feldebene möglich.

Es gibt Ausführungsformen, bei denen das Abbildungssystem ein Relais-Objektiv bzw. REMA-Objektiv zur Abbildung eines in einer Zwischenfeldebene eines Beleuchtungssystems angeordneten Beleuchtungsfeldes in eine Austrittsebene des Beleuchtungssystems ist. Hier hat es sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Doppelasphärenlinse die letzte, der Bildebene nächstliegende des Abbildungssystems ist. Hierdurch kann die zentrale Funktion solcher Objektive, nämlich die Kompensation des Telezentriefehlers des nachfolgenden Projektionsob-

5 jektiv, optimal erfüllt werden, ohne dass Asphärenflächen mit zu starker Deformation gefertigt werden müssen. Die schon erwähnte symmetrische Gestaltung hat sich als günstig herausgestellt, um im Vergleich zu herkömmlichen Systemen mit wesentlich geringeren lokalen Krümmung an der Oberfläche die gewünschte Asphärenwirkung zu erzielen. Da die Asphären eine große Variation im radialen Brechkraftverlauf bei moderater Deformation der Einzelflächen innerhalb eines kurzen Bauraumes ermöglichen, ermöglichen feldnahe Biasphären die Generierung bzw. Kompensation großer Telezentriefehler.

10

Während bei manchen Ausführungsformen die austrittsseitige Doppelasphäre eine gegebenenfalls symmetrische Bikonvexlinse ist, ist die der Austrittsebene nächstliegende Doppelasphäre andere Ausführungsformen als Meniskuslinse gestaltet, insbesondere mit zum Objekt gerichteter Konkavseite, d.h. mit bildseitiger Konvexfläche.

15

Gemäß einer Weiterbildung ist das Abbildungssystem ein Projektionsobjektiv zur Abbildung eines in einer Objektebene des Projektionsobjektivs angeordneten Musters einer Maske in die Bildebene des Projektionsobjektivs. Das Projektionsobjektiv kann ein rotationssymmetrisches, rein refraktives Projektionsobjektiv sein. Obwohl auch Systeme mit drei oder mehr Bäuchen zwischen Objektebene und Bildebene möglich sind, ist ein bevorzugtes Projektionsobjektiv als Zweibauchsystem mit einem objektseitigen Bauch, einem bildseitigen Bauch und einer dazwischen liegenden Taille ausgebildet. Ein solches System hat eine der Objektebene folgende erste Linsengruppe mit negativer Brechkraft, eine darauf folgende zweite Linsengruppe mit positiver Brechkraft, eine darauf folgende dritte Linsengruppe mit negativer Brechkraft, eine darauf folgende vierte Linsengruppe mit positiver Brechkraft und eine darauf folgende fünfte Linsengruppe mit positiver Brechkraft, wobei eine Systemblende im Übergangsbereich zwischen vierter und fünfter Linsengruppe angeordnet ist. Die Doppelasphärenlinse kann in der Nähe der Objektebene,

20

25

30

insbesondere innerhalb der ersten Linsengruppe, angeordnet sein. Bei einer Ausführungsform hat die Doppelasphärenlinse negative Brechkraft, wobei sie insbesondere als bikonkave Meniskuslinse gestaltet ist. Wenn eine Doppelasphärenlinse die der Objektebene nächstliegende  
5 Linse des Abbildungssystems ist, so ist ein besonders starker Einfluss auf Telezentrie und Verzeichnungskorrektur auf kleinem Bauraum möglich.

Die Erfindung ist auch bei katadioptrischen Systemen mit oder ohne  
10 Zwischenbild nutzbar, insbesondere bei Systemen mit geometrischem oder physikalischem, polarisationsselektiven Strahlteiler. Beispielsweise kann eine feldnahe Doppelasphärenlinse im Eintrittsbereich nahe der Objektebene oder in der Nähe des Zwischenbildes vorhanden sein.

15 Die Erfindung ist für „Luftobjektive“ genauso nutzbar wie für „Immersionsobjektive“. Ein Luftobjektiv in diesem Sinne ist ein Projektionsobjektiv, bei dem im Betrieb zwischen der bildseitigen Austrittsfläche und der Bildebene ein mit Luft oder einem anderen Gas gefüllter Zwischenraum besteht. Demgegenüber zeichnet sich ein Immersionsobjektiv dadurch  
20 aus, dass der Zwischenraum zwischen einer Austrittsseite des Objektivs und der Bildebene im Betrieb mit einem Immersionsmedium mit hoher Brechzahl, beispielsweise einer Immersionsflüssigkeit wie Wasser, Perfluorpolyether (PFPE) oder dergleichen, ausgefüllt ist. In diesem Fall sind bildseitige numerische Aperturen  $NA \geq 1$  möglich.

25

Bei der Gestaltung der asphärischen Linsenflächen werden im Hinblick auf Fertigung und Prüfung möglichst geringe Deformationen angestrebt. Die „Deformation“ einer asphärischen Linsenfläche ist hier definiert als das Ausmaß der Abweichung einer der Asphärenfläche bestangepassten sphärischen Linsenfläche (Hüllsphäre) von der asphärischen Linsenoberfläche. Die Hüllsphäre wird dabei so gelegt, dass sie die asphärische Linsenfläche an deren Scheitelpunkt und am äußeren Rand be-  
30

rührt. Im Hinblick auf die Fertigung ist es üblich, das Ausmaß der Deformation, d.h. den Abstand zwischen Hüllsphäre und asphärischer Oberfläche, in Radialrichtung der Hüllsphäre zu bestimmen. Unter konstruktiv-optischem Blickwinkel wird die Deformation alternativ als Abstand in Axialrichtung angegeben werden. In dieser Anmeldung wird  
5 letztgenannte Definition verwendet.

Asphären im Sinne dieser Anmeldung sind insbesondere sogenannte "Designasphären", die von Anfang an im optischen Design zur Optimierung des Systems vorgesehen sind. Solche Designasphären haben typischerweise maximale Deformationen von deutlich mehr als 1 bis 5  $\mu\text{m}$  und unterscheiden sich von sogenannten "Korrekturasphären", die gelegentlich im Nachhinein in optische Abbildungssystem eingefügt werden, um Abbildungsfehler zu korrigieren. Asphären sind insbesondere alle  
10 optischen Flächen mit einer rotationssymmetrischen Abweichung von der Hüllsphäre, bei denen die Abweichung mehr als 5  $\mu\text{m}$  beträgt. Nützliche Abweichungen liegen vorwiegend in der Größenordnung von 0,1 mm bis 1 mm.

20 Bei günstigen Ausführungsformen sind Asphärenflächen möglich, bei denen die maximale Deformation weniger als 500  $\mu\text{m}$ , insbesondere weniger als 400  $\mu\text{m}$  oder weniger als 300  $\mu\text{m}$  beträgt. Dies erleichtert die Fertigung und Prüfung der Asphären.

25 Die Erfindung betrifft auch ein Designverfahren zur Erzeugung eines optischen Abbildungssystems für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage, wobei das Abbildungssystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld vorgesehen ist und eine Vielzahl von Linsen aufweist, die  
30 zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind, und wobei zur Beeinflussung der Abbildung eine Bereitstellung einer Asphä-

renwirkung mindestens einer asphärischen optischen Fläche zugelassen ist. Bei dem Verfahren wird eine Berechnung einer ersten asphärischen Linsenfläche und mindestens einer zweiten asphärischen Linsenfläche durch entsprechende Algorithmen in einem Berechnungsprogramm so durchgeführt, dass eine Kombination der ersten und der zweiten asphärischen Linsenfläche zur Erzeugung der Asphärenwirkung ausgebildet ist und dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche derart ähnlich deformiert sind, dass sie mit derselben Prüfoptik prüfbar sind. Das Verfahren kann in bestehende Rechenprogramme durch geeignete Programmierung integriert werden.

Die vorstehenden und weitere Merkmale gehen außer aus den Ansprüchen auch aus der Beschreibung und den Zeichnungen hervor, wobei die einzelnen Merkmale jeweils für sich alleine oder zu mehreren in Form von Unterkombinationen bei einer Ausführungsform der Erfindung und auf anderen Gebieten verwirklicht sein und vorteilhafte sowie für sich schutzfähige Ausführungen darstellen können.

Fig. 1 ist eine schematische Darstellung einer Ausführungsform einer Projektionsbelichtungsanlage für die Mikrolithographie;

Fig. 2 ist eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Abbildungssystems, das als refraktives Zweibauch-Projektionsobjektiv ausgelegt ist;

Fig 3 und Fig. 4 zeigen Vergleichssysteme zum Projektionsobjektiv gemäß Fig. 2;

Fig. 5 zeigt eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Abbildungssystems, das als REMA-Objektiv für ein Beleuchtungssystem einer Projektionsbelichtungsanlage ausgelegt ist;

Fig. 6 und Fig. 7 zeigen schematische Diagramme zur Abhängigkeit der lokalen Krümmung  $C$  von der relativen Apertur auf asphärischen Linsenflächen einer symmetrischen Doppelasphärenlinse;

5

Fig. 8 zeigt ein Diagramm zur Pupillenfunktion des REMA-Objektives gemäß Fig. 5.

10

Fig. 9 zeigt ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Telezentriefehlers von der Bildhöhe des REMA-Objektives gemäß Fig. 5 bei verschiedenen Settings darstellt;

15

Fig. 10 zeigt ein Diagramm, das die Abhängigkeit des Uniformity-Fehlers von der Bildhöhe des REMA-Objektives gemäß Fig. 5 bei verschiedenen Settings darstellt;

20

Fig. 11 zeigt eine zweite Ausführungsform eines als REMA-Objektiv ausgestalteten erfindungsgemäßen Abbildungssystems;

Fig. 12 zeigt eine dritte Ausführungsform eines als REMA-Objektiv ausgestalteten erfindungsgemäßen Abbildungssystems;

25

Fig. 13 zeigt eine vierte Ausführungsform eines als REMA-Objektiv ausgestalteten erfindungsgemäßen Abbildungssystems;

30

Fig. 14 zeigt in schematischer Darstellung die Auswirkung verschiedener Gestaltungen von Asphären auf die Form einer durchtretenden Wellenfront;

Fig. 15 zeigt einen Linsenschnitt durch den bildseitigen Endbereich eines katadioptrischen Immersions-Projektionsobjektives; und

Fig. 16 zeigt eine Variante des in Fig. 15 gezeigten Projektionsobjektivs mit zueinander ähnlichen asphärischen Linsenflächen .

- 5 Bei der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsformen bezeichnet der Begriff „optische Achse“ eine gerade Linie durch die Krümmungsmittelpunkte der sphärischen optischen Komponenten bzw. durch die Symmetrieachsen von asphärischen Elementen. Richtungen und Abstände werden als bildseitig oder bildwärts beschrieben, wenn sie  
10 in Richtung der Bildebene gerichtet sind und als objektseitig oder objektwärts, wenn sie in Bezug auf die optische Achse zum Objekt gerichtet sind.

Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Projektionsbelichtungsanlage  
15 1 für die mikrolithographische Herstellung von integrierten Halbleiterbauelementen und anderen feinstrukturierten Bauteilen bei Auflösungen bis zu  $0,1\ \mu\text{m}$  oder darunter. Die Projektionsbelichtungsanlage 1 umfasst ein Beleuchtungssystem 2 zur Beleuchtung einer in der Austrittsebene bzw. Bildebene 4 des Beleuchtungssystems angeordneten Photomaske  
20 5 (Retikel), sowie ein Projektionsobjektiv 6, welches dazu vorgesehen ist, das in seiner Objektebene 4 angeordnete Muster der Photomaske in die Bildebene 7 des Projektionsobjektivs in verkleinerndem Maßstab abzubilden. In der Bildebene 7 befindet sich als zu belichtender Gegenstand ein mit einer lichtempfindlichen Schicht beschichteter Halbleiterwa-  
25 fer.

Als Lichtquelle des Beleuchtungssystems 2 dient ein Laser 8, beispielsweise ein im tiefem Ultraviolettbereich (DUV) gebräuchlicher Excimer-Laser mit einer Arbeitswellenlänge von 248 nm, 193 nm oder 157 nm.

- 30 Das Licht des abgegebenen Lichtstrahls ist weitgehend linear polarisiert. Eine nachfolgende optische Einrichtung 9 formt das Licht der Lichtquelle und überträgt es in eine nachfolgende Lichtmischeinrichtung 10. Die op-

- tische Einrichtung 9 umfasst im gezeigten Beispiel einen dem Laser 8 nachgeschalteten Strahlaufweiter, der zur Kohärenzreduktion und Strahlformung auf einen rechtwinkligen Strahlquerschnitt mit einem Aspektverhältnis  $x/y$  seiner Seitenlängen von mehr als eins dient. Ein dem Strahlaufweiter nachfolgendes, erstes diffraktives optisches Rasterelement sitzt in der Objektebene eines nachfolgenden Zoom-Objektives, in dessen Austrittspupille ein zweites optisches Rasterelement vorgesehen ist. Von diesem tritt das Licht in eine Einkoppeloptik ein, welche das Licht in die Lichtmischeinrichtung überträgt. Das Licht wird innerhalb der Lichtmischeinrichtung 10 durch mehrfache innere Reflexion gemischt und homogenisiert und tritt am Austritt 11 der Lichtmischeinrichtung weitgehend homogenisiert aus. Unmittelbar am Austritt der Lichtmischeinrichtung ist eine Zwischenfeldebene, in der ein Retikel-Masking-System (REMA) 12, eine verstellbare Feldblende, angeordnet ist. Das nachfolgende Objektiv 13, welches auch als REMA-Objektiv bezeichnet wird, hat mehrere Linsengruppen, eine Pupillenebene 14 und einen Umlenkspiegel 15 und bildet die Zwischenfeldebene des Retikel-Masking-Systems auf das Retikel bzw. die Photomaske 5 ab.
- 20 Der Aufbau des bisher beschriebenen Beleuchtungssystems kann im wesentlichen dem in der EP 0 747 772 beschriebenen Aufbau entsprechen, deren Offenbarungsgehalt durch Bezugnahme zum Inhalt dieser Beschreibung gemacht wird.
- 25 Die Eintrittsebene 21 der Lichtmischeinrichtung 10, die mit der hinteren Brennebene der vorgelagerten Einkoppeloptik zusammenfällt, ist eine Feldebene des Beleuchtungssystems. Die Austrittsebene der Lichtmischeinrichtung, in deren Bereich das Retikel-Masking-System 12 angeordnet ist, ist ebenfalls eine Feldebene. Bei anderen Ausführungsformen mit ähnlichem Grundaufbau sind die bis zur Austrittsebene der Einkoppeloptik vorhandenen optischen Einrichtungen so gestaltet, dass die Beleuchtungsverteilung innerhalb dieser Feldebene ausreichend
- 30



gleichmäßig ist. Bei diesen Ausführungsformen ist keine gesonderte Lichtmischeinrichtung vorgesehen, so dass das Retikel-Masking-System direkt im Bereich der Austrittsebene der Einkoppeloptik angeordnet sein kann.

5

Anhand Fig. 2 wird ein typischer Aufbau einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen, rein refraktiven Reduktionsobjektivs 200 gezeigt. Es dient dazu, ein in seiner Objektebene 202 angeordnetes Muster eines Retikels oder dergleichen in eine Bildebene 203 in reduziertem  
10 Maßstab abzubilden, beispielsweise im Maßstab 4:1 (Abbildungsmaßstab  $\beta = 0,25$ ). Es handelt sich um ein rotationssymmetrisches Ein-Taillensystem bzw. Zweibauchsystem mit fünf aufeinander folgenden Linsengruppen, die entlang der senkrecht auf Objektebene und Bildebene stehenden optischen Achse 204 angeordnet sind. Die auf die Bildebene 202 folgende erste Linsengruppe LG1 hat negative Brechkraft  
15 (mit einer Brennweite von  $-546,86$  mm). Eine darauf folgende zweite Linsengruppe LG2 hat positive Brechkraft (mit einer Brennweite von  $205,97$  mm). Eine darauf folgende dritte Linsengruppe LG3 hat negative Brechkraft (und eine Brennweite von  $-55,62$  mm). Eine darauf folgende  
20 vierte Linsengruppe hat positive Brechkraft (und eine Brennweite von  $216,53$  mm). Eine darauf folgende fünfte Linsengruppe LG5 hat positive Brechkraft (und eine Brennweite von  $121,10$  mm). Durch diese Brechkraftverteilung wird ein Zweibauchsystem geschaffen, das einen objektseitigen Bauch 206, einen bildseitigen Bauch 208 und eine dazwischen  
25 liegende Taille 207 hat, in der ein Einschnürungsort X mit minimalem Strahldurchmesser liegt. In einem Übergangsbereich von der vierten Linsengruppe zur fünften Linsengruppe liegt im Bereich relativ großer Strahldurchmesser die Systemblende 205.

30 Die mit dem Projektionsobjektiv mögliche Abbildung kann durch den Verlauf ihrer Hauptstrahlen und Randstrahlen gekennzeichnet werden. Als Hauptstrahl A wird hier ein Strahl bezeichnet, der von einem äußeren

ren Randpunkt des Objektfeldes parallel oder in spitzem Winkel zur optischen Achse verläuft und die optische Achse 204 im Bereich der Systemblende 205 schneidet. Ein Randstrahl B führt von der Mitte des Objektfeldes, d.h. von einem axialen Feldpunkt, zum Blendenrand einer Aperturblende, die normalerweise am Ort der Systemblende 205 oder in deren unmittelbarer Nähe sitzt. Ein Strahl C, der von einem äußeren Feldpunkt zum gegenüberliegenden Rand der Aperturblende führt, wird hier als Komastrahl bezeichnet. Der senkrechte Abstand dieser Strahlen zur optischen Achse ergibt die entsprechenden Strahlhöhen  $h_A$ ,  $h_B$  und  $h_C$

Ein erster Linsenbereich LB1 beginnt an der Objektebene 202 und endet in der Ebene, in der sich der Randstrahl B und der Komastrahl C schneiden, so dass im ersten Linsenbereich LB1 die Bedingung  $|h_B/h_C| < 1$  erfüllt ist. In diesem Linsenbereich LB1 ist die Hauptstrahlhöhe groß gegen die Randstrahlhöhe. Hier angeordnete Linsenflächen werden als „besonders feldnah“ bezeichnet. Ein zweiter Linsenbereich LB2 erstreckt sich von der Objektebene 202 bis in den Bereich, in dem die Hauptstrahlhöhe und die Randstrahlhöhe betragsmäßig etwa gleich sind, wobei insbesondere  $|h_B/h_A| < 1,2$  gilt. Die Länge des zweiten Linsenbereiches LB2 ist bei typischen Varianten erfindungsgemäßer Projektionssysteme kleiner als ein Drittel des Abstandes L zwischen Objektebene 202 und Bildebene 203. Dieser Objekt-Bild-Abstand wird auch als Baulänge des Projektionsobjektivs bezeichnet.

Die auf die Objektebene 202 folgende erste Linsengruppe LG1 ist im wesentlichen zuständig für die Aufweitung der Lichtbündel in den ersten Bauch 206 hinein. Als erste, unmittelbar auf die Objektebene 202 folgende Linse ist eine Negativlinse 211 mit zur Objektebene konvexer Eintrittsseite und bildseitig konkaver Austrittsseite vorgesehen. Beide Linsenflächen (Flächen 2 und 3 in Tabelle 1) sind asphärische Flächen, so

dass die Negativlinse 211 hier auch als "Doppelasphärenlinse" oder "Bi-asphäre" bezeichnet wird.

Es folgt eine doppelt-sphärische Meniskuslinse 212 schwacher Brechkraft und dahinter ein Positiv-Meniskus 213 mit objektseitiger asphärischer Konkavfläche. Die besonders feldnah angeordneten Asphärenflächen der Doppelasphärenlinse 211 tragen wirksam zur guten Korrektur der Verzeichnung und des Astigmatismus bei und unterstützen die Korrektur hinsichtlich Telezentrie.

10

Die zweite Linsengruppe LG2 besteht aus vier Positivlinsen 214, 215, 216, 217. Eine eintrittsseitige Meniskuslinse 214 mit nahezu ebener, objektseitig konkaver Eintrittsfläche und sphärischer Austrittsfläche wird gefolgt von einer weiteren nahezu plankonvexen Positivlinse mit sphärischer Eintrittsfläche und nahezu ebener asphärischer Austrittsfläche. Dahinter folgen ein doppelt-sphärischer Positiv-Meniskus 216 eine dicke Positiv-Meniskuslinse 217 mit sphärischer Eintrittsfläche und bildseitig konkaver, asphärischer Austrittsfläche. Dieser Aufbau, bei dem die Krümmungen der Linsenflächen objektseitig und bildseitig einer zwischen den Linsen 214, 215 liegenden Ebene gegensinnig und mit voneinander abgewandten Konkavflächen verlaufen, gewährleistet kleine Flächenbelastungen für die Menisken und die Positivlinse und somit geringe Abberationen.

25 Die dritte Linsengruppe LG3 besteht aus drei Negativlinsen 218, 219, 220. Eine doppelt-sphärische Meniskuslinse 218 mit bildseitiger Konkavfläche wird gefolgt von einer objektseitig konkaven Negativ-Meniskuslinse 219 mit bildseitiger Asphäre und einer doppelt-sphärischen Bikonkavlinse 220. Im Eintrittsbereich der Linse 219 liegt  
30 die Ort X engster Einschnürung innerhalb der Taille 207.

Die vierte Linsengruppe LG4 eröffnet mit einer zur Objektebene konkaven Positiv-Meniskuslinse 221 mit asphärischer Eintrittsfläche, der ein Negativ-Meniskus 222 mit nahezu ebener Eintrittsfläche und sphärischer, bildseitig konkaver Austrittsfläche folgt. Hinter einer nachfolgenden, doppelt-sphärischen Bikonvexlinse 223 sitzt ein zur Bildebene konkaver Positiv-Meniskus 224 mit sphärischer Eintrittsseite und asphärischer Austrittsseite. Auffällig sind unter anderem die an der Austrittsseite des Meniskus 222 auftretenden großen Inzidenzwinkel im Bereich des divergenten Strahlbündels, die zur Korrektur beitragen.

10

Die fünfte Linsengruppe LG5 eröffnet mit einem doppelt-sphärischen Negativ-Meniskus 225 mit bildseitiger Konkavseite, der in den Bereich der Systemblende hineinragt. Diesem folgen sechs Positivilinsen 226, 227, 228, 229, 230, 231, von denen die erste Linse 226 bikonvex ist, während die übrigen als bildseitig konkave Positiv-Menisken ausgelegt sind. Die Austrittsseiten der Linsen 227 und 229 sind asphärisch, die anderen Linsenflächen sphärisch. Das System schließt mit einer planparallelen Platte 232 ab.

20 Das doppelt-telezentrische System hat einen objektseitigen Arbeitsabstand von ca. 32 mm und einen bildseitigen Arbeitsabstand von 5 mm. In Tabelle 1 ist die Spezifikation des Designs in bekannter Weise in tabellarischer Form zusammengefasst. Dabei gibt Spalte 1 die Nummer einer brechenden oder auf andere Weise ausgezeichneten Fläche, Spalte 2 den Radius  $r$  der Fläche (in mm), Spalte 3 den als Dicke bezeichneten Abstand  $d$  der Fläche zur nachfolgenden Fläche (in mm) und Spalte 4 das Material der optischen Komponenten an. Spalte 5 gibt die Brechzahl bzw. den Brechungsindex des Linsenmaterials an und in Spalte 6 sind die nutzbaren, freien Radien bzw. der halbe freie Durchmesser der  
30 Linsen (in mm) angegeben.

Bei der Ausführungsform sind elf der Flächen, nämlich die Flächen 2, 3, 6, 11, 15, 19, 22, 29, 36, 38 und 40 asphärisch. Tabelle 2 gibt die entsprechenden Asphärendaten an, wobei sich die asphärischen Flächen nach folgender Vorschrift berechnen:

5

$$p(h)=[((1/r)h^2)/(1+\text{SQRT}(1-(1+K)(1/r)^2h^2))]+C1*h^4+C2*h^6+....$$

Dabei gibt der Kehrwert  $(1/r)$  des Radius die Flächenkrümmung und  $h$  den Abstand eines Flächenpunktes von der optischen Achse (d.h. die Strahlhöhe) an. Somit gibt  $p(h)$  die sogenannten Pfeilhöhe, d.h. den Abstand des Flächenpunktes vom Flächenscheitel in  $z$ -Richtung, d.h. in Richtung der optischen Achse. Die Konstanten  $K$ ,  $C1$ ,  $C2$ , ... sind in Tabelle 2 wiedergegeben.

Das mit Hilfe dieser Angaben reproduzierbare optische System ist für eine Arbeitswellenlänge von ca. 193nm ausgelegt, bei der das für alle Linsen verwendete, synthetisches Quarzglas einen Brechungsindex  $n =$

10 1,5608 hat. Die bildseitige numerische Apertur beträgt  $NA = 0,95$ . Das Objektiv hat eine Baulänge  $L$  (Abstand zwischen Bildebene und Objektebene) von 1101 mm. Bei einer Bildgröße von ca. 14 mm wird ein Lichtleitwert (Produkt aus numerischer Apertur und Bildgröße) von ca. 13,3 mm erreicht.

15

Besonderheiten dieses Designs werden nun im Zusammenhang mit Figuren 3 und 4 erläutert, die Vergleichssysteme zeigen, die bis auf den Bereich des Objektiveintritts eine nahezu identische Linsenabfolge haben. Die Spezifikationen der Ausführungsform in Fig. 3 ist in den Tabellen 3 und 4 angegeben, diejenigen der Ausführungsform gemäß Fig. 4 in

20 den Tabellen 5 und 6.

Alle drei Systeme haben im wesentlichen den gleichen, guten Korrektionszustand.

Bei dem Vergleichssystem in Fig. 3 wird die erste, der Objektebene 202 nächste Linse durch eine plankonkave Negativlinse 311 gebildet, bei der auf eine ebene Eintrittsfläche ein stark deformierte, asphärische Austrittsfläche (Fläche 3 in Tabelle 3) folgt. Diese asphärische Fläche hat eine maximale Deformation von ca. 1037  $\mu\text{m}$ . Mit dieser starken Deformation kann das System insbesondere auch hinsichtlich Telezentrie und Verzeichnung gut korrigiert werden. Die Deformation ist jedoch so groß, dass es Schwierigkeiten bei der Herstellung und der Prüfung einer solchen Asphäre gibt.

Bei dem Vergleichssystem 400 gemäß Fig. 4 sind anstelle der einen Negativlinse 311 im objektnahen bzw. feldnahen Bereich zwei Negativlinsen 411, 411' vorgesehen. Bei beiden Negativ-Menisken ist die jeweils der Objektebene zugeordnete Eintrittsseite asphärisiert, während die zur Bildebene konkave Austrittsseite sphärisch gekrümmt ist. Da die für die Korrektur erforderliche Gesamtdeformation im feldnahen Bereich hier auf zwei asphärischen Flächen (an unterschiedlichen Linsen) verteilt ist, können die Deformationen der einzelnen Asphärenflächen deutlich geringer gehalten werden als beim Beispiel gemäß Fig. 3, wodurch Fertigung und Prüfung erleichtert werden. Jedoch werden zwei zusätzliche Flächen eingeführt, die Lichtverluste verursachen können. Zudem werden an die relative Positionierung der nahe beieinanderliegenden Asphärenflächen hohe Anforderungen gestellt.

Die bei den Vergleichssystemen auftretenden Probleme können bei der erfindungsgemäßen Ausführungsform gemäß Fig. 2 vermieden werden. Bei der Negativlinse 211 ist die Gesamtdeformation auf die beiden asphärischen Linsenflächen verteilt, so dass eine Biasphäre gebildet wird. Die Deformationen der einzelnen Linsenflächen liegen im Bereich unterhalb 500  $\mu\text{m}$ . Deformationen in diesem Bereich sind bei Herstellung und Prüfung gut beherrschbar, so dass eine solche Biasphäre mit hoher

Güte hergestellt werden kann. Die Anordnung der als Feldlinse wirkenden Doppelashärenlinse in unmittelbarer Nähe der Objektebene 202 erlaubt eine wirksame Korrektur von Feldaberrationen.

- 5 Alternativ oder zusätzlich können eine oder mehrere Biasphären auch in anderen Bereichen des Projektionsobjektives vorgesehen sein, beispielsweise im Bereich des bildseitigen Austritts

Anhand der Figuren 5 bis 13 wird beispielhaft der Einsatz von Biasphären im Feldlinsenteil von REMA-Objektiven beschrieben, mit denen innerhalb des Beleuchtungssystems der Bereich der durch das REMA-System gebildeten verstellbaren Blende in geeignetem Massstab (typischerweise zwischen ca. 1:1 und ca 1:4 bis 1:5) auf das zu belichtende Retikel abgebildet wird. Die Abbildungen sind somit in der Regel vergrößern, können jedoch auch im wesentlichen ohne Feldgrößenänderung oder sogar geringfügig verkleinernd erfolgen.

Fig. 5 zeigt eine Ausführungsform eines solchen REMA-Objektivs 500, das für Arbeitswellenlänge von 193 nm und eine annähernde 1:1-Abbildung ( $\beta = 0,98$ ) ausgelegt ist. Die Spezifikation ist in den Tabellen 7 und 8 angegeben. Das Objektiv hat eine Objektebene 502, in der das Retikel-Masking-System angeordnet wird. Es folgt ein vor der Aperturblende 505 liegender Kondensorteil 550, der als Teilobjektiv ausgebildet ist. Hinter der Aperturblende 505 beginnt ein Zwischenteil 560, der sich zwischen der Aperturblende und einer gedachten Ebene 506 erstreckt, in der beispielsweise ein Umlenkspiegel angeordnet sein kann. Dahinter beginnt ein Feldlinsenteil 570, der in der Nähe der Bildebene 503, in der sich im Betrieb der Anlage ein zu belichtendes Retikel befindet, mehrere in der Nähe des Bildfeldes angeordnete Linsen umfasst.

Die Lufträume im Bereich der Objektebene 502, im Bereich der Aperturblende 505, zwischen dem Zwischenteil 560 und dem Feldlinsenteil 570 sowie im Bereich der Retikelebene bzw. Bildebene 503 sind so

großzügig bemessen, dass die dort anzuordnenden Teile und insbesondere das REMA-System (Bezugszeichen 12 in Fig. 1), Korrekturalemente in der Blendenebene, ein Umlenkspiegel (Bezugszeichen 15 in Fig. 1) und eine Retikel-Stage zum Verfahren der in der Bildebene anzuordnenden Masken problemlos untergebracht werden können.

Eine Hauptfunktion des REMA-Objektivs 500 ist es, eine durch die Schneiden der REMA-Blende definierte Hell-Dunkel-Kante von der Objektebene 502 auf die Retikelebene 503 scharf abzubilden. Eine weitere Kernfunktion des REMA-Objektives ist es, die Schwerstrahlrichtung der austretenden Strahlen auf wenige mrad (z.B. 3 mrad) an die Hauptstrahlrichtungen des nachfolgenden Projektionsobjektivs anzupassen. Dies ist gleichbedeutend mit der Forderung, in der Austrittsebene (Retikelebene 503) eine vorgegebene Pupillenfunktion mit geringsten Abweichungen zu reproduzieren.

Der Kondensorteil 550 umfasst eine objektseitig konkave Positiv-Meniskuslinse 511 mit sphärischer Eintrittsfläche und austrittsseitiger Asphärenfläche und eine weitere Positiv-Meniskuslinse 512 mit sphärischer Eintrittsfläche und austrittsseitiger Asphärenfläche. Der hinter der Aperturblende folgende Zwischenteil 560 umfasst eine weitere Positiv-Meniskuslinse 513 mit sphärischer Eintrittsfläche und austrittsseitiger Asphärenfläche. Der Feldlinsenteil 570 hat eine bildseitig konkave Positiv-Meniskuslinse 514 mit asphärischer Eintrittsfläche und sphärischer Austrittsfläche, eine bildseitig konkave Positiv-Meniskuslinse 515 mit sphärischer Eintrittsfläche und sphärischer Austrittsfläche, eine zerstreuernde Plankonkavlinse 516 mit ebener Eintrittsfläche und asphärischer Austrittsfläche. Als letzte, austrittsseitige Linse des REMA-Objektivs ist eine Doppelasphärenlinse 517 mit asphärischer Eintrittsfläche und asphärischer Austrittsfläche vorgesehen. Dahinter folgen noch zwei Planplatten 518, 519 und das Retikel 520. Die Biasphäre 517 ist in Bezug auf eine senkrecht zur optischen Achse liegende Symmetrieebe-



ne im wesentlichen symmetrisch ausgebildet, so dass die asphärische Eintrittsfläche und asphärische Austrittsfläche im wesentlichen spiegelsymmetrisch zueinander geformt sind. Fig. 6 zeigt hierzu zu Zwecken der Illustration schematisch den typischen Verlauf der lokalen Krümmung C der Eintrittsseite als Funktion der relativen Apertur (Re. Ap.) bei einer vergleichbaren Ausführungsform. Fig. 7 zeigt die entsprechende Darstellung für die Austrittsseite der Biasphäre. Ein Vergleich der Figuren zeigt die weitgehende Symmetrie der Krümmungsverläufe.

- 10 Das System hat zahlreiche Besonderheiten, von denen im Folgenden einige näher erläutert werden. Der Abbildungsmaßstab beträgt 1 : 0.98. Sämtliche Elemente mit einer Mittendicke von weniger als 10mm sind aus  $\text{CaF}_2$  ( $n=1,501403$  bei 193 nm) ausgeführt, um dort Compaction zu minimieren. Dies betrifft die Filterplatten 518, 519, das Retikel 520 und
- 15 die vorletzte Linse 516. Dies kann vorteilhaft sein, denn es besteht der Verdacht, daß insbesondere dünne Linsen stärker unter Doppelbrechung durch Compaction leiden. Andere Linsen sind aus synthetischem Quarzglas ( $n = 1,560318$ ). Die konkave Asphäre auf der Austrittsseite von Linse 515 ist so kontrolliert, daß ihre Abweichungen der Krümmungen von einer Sphäre keine Wendepunkte enthält. Die Asphärenflächen der Doppelasphärenlinse 517, welche hauptverantwortlich für den Telezentrieverlauf sind, sind so kontrolliert, daß ihre Tangenten stets dasselbe Vorzeichen behalten. Zur einfacheren Fertigung sind die Asphären der ersten vier Linsen 511 bis 514 jeweils auf der konvexen Seite. Die
- 20 Durchbiegung der Linse 513 ist klein gehalten, um Material zu sparen. Die pupillennahe Linse 513 ist aus  $\text{CaF}_2$ , um bei kleinen Settings Strahlungsresistenz zu gewährleisten. Die Pupille ist auf eine Querabweichung von weniger als 0.75 mm optimiert. Damit ist es möglich, eine Blende zur Begrenzung der Settings einzuführen um ggf. Streulicht bei
- 25 kleinen Settings zu minimieren. Die Baulänge beträgt 1418 mm.
- 30

Figur 8 zeigt diejenige Pupillenfunktion, die in der Feldebene 503 (Reti-  
kelebene) einzustellen ist. Dargestellt ist hierzu der Telzentriewinkel  
[mrad] als Funktion der Bildhöhe  $r$  [mm]. Fig. 9 zeigt die Abhängigkeit  
des Telezentriefehlers [mrad] von der Bildhöhe  $y$ . Es ist erkennbar, dass  
5 der maximale Telezentriefehler  $< 0.2\text{mrad}$  beträgt, für ein annulares Set-  
ting  $< 0.3\text{mrad}$ . Aus Fig. 10 ist zu sehen, dass der in der Ordinate aufge-  
tragene maximale Uniformity-Fehler  $< 0.05\%$  beträgt, wobei ein Feld-  
verlauf von bis  $100.5\%$  zum Vorhalten der Transmission bzw. der  
Schichteinflüsse eingestellt ist. Die plankonkave Negativlinse 516 dient  
10 als Manipulator zur Kompensation von Uniformitätsfehlern mit linearem  
Feldverlauf.

Die Biasphäre 517 ermöglicht eine große Variation im radialen Brech-  
kraftverlauf bei moderater Deformation der Einzelflächen innerhalb eines  
15 sehr kurzen Bauraumes, der durch die axiale Dicke der Biasphäre be-  
stimmt wird. Wird eine solche Biasphäre in unmittelbarer Nähe des Bild-  
feldes angebracht, so können große Telezentriefehler korrigiert werden  
bzw. es können in weiten Grenzen beliebige Pupillenfunktionen einge-  
stellt werden. Trotz der starken Asphärenwirkung ist die Biasphäre hin-  
20 sichtlich der Fertigung ihrer Oberflächen und der Prüfung der Oberflä-  
chen relativ unproblematisch, da nur relativ geringe Flächendeformatio-  
nen auftreten. Zudem können aufgrund der Symmetrie beide asphäri-  
schen Oberflächen mit ein und derselben Prüfoptik geprüft werden, was  
den Prüfaufwand erheblich erleichtert.

25

In Fig. 11 ist eine anderen Variante eines erfindungsgemäßen Lithogra-  
phie-Objektivs 600 gezeigt, das als REMA-Objektiv für  $248\text{ nm}$  ausge-  
legt ist. Bei grundsätzlich gleicher Aufteilung in einen Kondensorteil 650,  
einen Zwischenteil 660 und ein Feldlinsenteil 670 ist hier die austrittssei-  
30 tige Biasphäre 690 als Positiv-Meniskuslinse mit objektseitiger Konkav-  
fläche gestaltet.

Das System hat einen vergrößernden Abbildungsmaßstab  $\beta = -4,73$ . Der Objektfelddurchmesser beträgt 27mm. Die objektseitige numerische Apertur beträgt 0,127. Die Baulänge ist 1200mm. Es wird eine Kantenschärfe von 0,1-99,9% - Punkt 0,253mm erreicht. Die Pupillenfunktion  
5 (Sollwert und Istwert) ist in Tabelle 9 angegeben, die Spezifikation ergibt sich aus Tabellen 10 und 11.

In Fig. 12 ist eine anderen Variante eines erfindungsgemäßen Lithographie-Objektivs 700 gezeigt, das als REMA-Objektiv für 248 nm ausgelegt ist. Bei grundsätzlich gleicher Aufteilung in einen Kondensorteil 750,  
10 einen Zwischenteil 760 und ein Feldlinsenteil 770 ist hier die austrittsseitige Biasphäre 790 als Positiv-Meniskuslinse mit objektseitiger Konkavfläche und relativ starker Krümmung gestaltet.

15 Das System hat einen vergrößernden Abbildungsmaßstab  $\beta = -4,73$ . Der Objektfelddurchmesser beträgt 27mm. Die objektseitige numerische Apertur beträgt 0,127. Die Baulänge ist 1200mm. Es wird eine Kantenschärfe von 0,1-99,9% - Punkt 0,251mm erreicht. Die Pupillenfunktion (Sollwert und Istwert) ist in Tabelle 12 angegeben, die Spezifikation er-  
20 gibt sich aus Tabellen 13 und 14.

In Fig. 13 ist eine anderen Variante eines erfindungsgemäßen Lithographie-Objektivs 800 gezeigt, das als REMA-Objektiv für 248 nm ausgelegt ist. Bei grundsätzlich gleicher Aufteilung in einen Kondensorteil 850,  
25 einen Zwischenteil 860 und ein Feldlinsenteil 870 ist hier die austrittsseitige Biasphäre 890 als Positiv-Meniskuslinse mit objektseitiger Konkavfläche gestaltet.

Das System hat einen vergrößernden Abbildungsmaßstab  $\beta = -4,73$ .  
30 Der Objektfelddurchmesser beträgt 27mm. Die objektseitige numerische Apertur beträgt 0,127. Die Baulänge ist 1200mm. Es wird eine Kantenschärfe von 0,1-99,9% - Punkt 0,244mm erreicht. Die Pupillenfunktion

(Sollwert und Istwert) ist in Tabelle 15 angegeben, die Spezifikation ergibt sich aus Tabellen 16 und 17.

Die bisherigen Beispiele zeigen Möglichkeiten, bei Lithographie-  
5 Objektiven eine Vielzahl von asphärischen Flächen zu nutzen, ohne bei der Fertigung und Prüfung aufgrund von starken Deformationen der Asphären an technologische Grenzen zu stoßen. Im Zusammenhang mit Fig. 14 bis 16 werden weitere Maßnahmen zur Vermeidung solcher Probleme vorgeschlagen. Wie eingangs erwähnt, ist es ein üblicher Weg  
10 zur Verringerung der Asphärendeformation ,im optischen Design an einer Stelle mit stark deformierten Asphären weitere Asphären einzuführen, um die starke Deformation auf mehrere schwächer deformierte Asphären zu verteilen. Die Erfinder haben nun herausgefunden, dass sich bei diesem Vorgehen große technologische Vorteile dadurch erge-  
15 ben können, wenn anstelle einer stark deformierten Asphärenfläche zwei oder mehr identisch oder zumindest ähnlich asphärisierte Flächen mit entsprechend schwächerer Deformation genutzt werden. Eine Aufteilung in zwei oder mehr identische oder ähnliche Asphärenflächen erhöht zwar den Fertigungsaufwand geringfügig, da mehrere Flächen bearbei-  
20 tet werden müssen. Jedoch kann die Flächenbearbeitung aller identischen Asphären im wesentlichen nach dem gleichen Programm ablaufen. Insbesondere können identische und ähnliche Asphärenflächen mit den gleichen Prüfoptiken geprüft werden, so dass erheblicher Prüfaufwand eingespart werden kann.

25

Anhand von Fig. 14 wird dieser Grundgedanke näher erläutert. Fig. 14(a) zeigt eine planparallele Platte 900, die von einer ebenen Welle durchstrahlt wird. Anhand der schematisch eingezeichneten Wellenfront 901 ist ersichtlich, dass die ebene Welle vor der Planparallelplatte und  
30 hinter der Planparallelplatte keine Aberrationen hat und somit eine ebene Welle bleibt. Wird nun entsprechend Fig. 14(b) eine Seite der Planparallelplatte mit einer Deformation  $d(x, y)$  deformiert, so erhält die durch-

laufende Wellenfront eine Wellenaberration, so dass eine leicht deformierte Welle 901' entsteht. Die Wellenaberration kann in nullter Ordnung unmittelbar hinter der "dünnen" Platte im wesentlichen durch das Produkt  $(n-1) \cdot d(x, y)$  beschrieben werden, wobei  $n$  der Brechungsindex der Platte ist. Wird gemäß Fig. 14(c) die Asphärizität ausgehend von Fig. 14(b) verdoppelt, verdoppelt sich auch die Wellendeformation.

Bringt man jedoch, wiederum ausgehend von der Situation in Fig. 14(b), auch auf der Austrittsseite der Planplatte nochmals eine identische asphärische Fläche auf, so kann erreicht werden, dass die Wellenaberration ebenso auf  $2 \cdot (n-1) \cdot d(x, y)$  ansteigt (Fig. 14 (d)). Die Wirkungen der eintrittsseitigen Asphärenfläche und der austrittsseitigen Asphärenfläche der dadurch gebildeten Doppelashärenlinse 911 addieren sich somit, so dass die Wirkung von einer Asphäre mit einer Deformation  $2 \cdot d(x, y)$  zu stammen scheint. Daher ist es grundsätzlich denkbar, eine Asphäre mit der Deformation  $2 \cdot d(x, y)$  auf zwei Asphären mit jeweils identischen Deformationen von  $d(x, y)$  zu verteilen.

Ebenso kann man in einem optischen Abbildungssystem, beispielsweise einem Projektionsobjektiv für die Mikrolithographie, eine Asphäre mit großer Deformation auf zwei Asphären mit geringerer, aber gleicher oder ähnlicher Deformation verteilen bzw. eine Asphäre, deren Deformation größer als ein zulässiger Grenzwert zu werden droht, durch eine zweite, identische oder ähnliche Asphäre zu entlasten. Dies kann so durchgeführt werden, dass die gesamte Deformation im wesentlichen der Summe der beiden Deformationen entspricht, so dass man zu scheinbar größeren, wirksamen Deformationen gelangen kann.

Stimmen die Flächenkrümmungen der einander ergänzenden asphärischen Flächen vollständig oder zumindest überwiegend überein, so kann zur Prüfung der zusätzlichen Asphärenfläche eine identische Prüfoptik eingesetzt werden. Somit wird bei der Prüfung kein Mehraufwand

erzeugt, es muss lediglich die Anzahl der zu asphärisierenden Flächen erhöht werden.

- 5 Ausgehend von diesem Grundprinzip wird es in einem realen Design erforderlich sein, das Verfahrensergebnis durch eine Nachoptimierung zu unterstützen, um einem endlichen Abstand der beiden resultierenden Asphären Rechnung zu tragen.

- 10 Es ist im übrigen nicht zwingend, dass die einander entsprechenden, identischen oder ähnlichen Asphärenflächen direkt benachbart sind. Es ist auch möglich, dass zwischen den einander entsprechenden Asphärenflächen mindestens eine optische Fläche, beispielsweise eine sphärische Linsenfläche, liegt.

- 15 In weiterer Fortbildung des Verfahrens ist es grundsätzlich nicht notwendig, dass die einander entsprechenden asphärischen Flächen exakt identisch sind. Es hat sich gezeigt, dass es auch möglich ist, die einander ergänzenden bzw. entsprechenden asphärischen Flächen derart "ähnlich" zu gestalten, dass sie mit derselben Prüfoptik (bei unterschied-
- 20 lichem Arbeits- oder Prüfabstand) prüfbar sind. Auch in diesem Fall ergeben sich noch erhebliche technologische Vorteile bei der Prüfung.

- Bei einer Variante des Verfahrens ist vorgesehen, eine gewünschte Asphärenwirkung zu erzeugen, indem mindestens zwei asphärische
- 25 Flächen vorgesehen sind, die im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion auseinander hervorgehen bzw. ineinander überführt werden können. Dies bedeutet, dass die Flächennormalen der in diesem Sinne ähnlichen asphärischen Flächen ein „im wesentlichen orthotomisches System“ bilden. Auf diese Weise können auch Asphären mit unterschiedlichen Absolutdimensionen mit einer identischen Prüfoptik geprüft
- 30 werden, da die von der Prüfoptik bereitgestellte Prüfstrahlung bei allen zu einem orthotomischen System gehörenden Asphärenflächen senk-

recht auf diese Asphärenflächen auftreffen kann und somit eine Prüfung möglich ist.

5 Zwei oder mehr zu vergleichende Asphärenflächen müssen somit kein perfektes orthotomisches System bilden. Es genügt, wenn sie ein „im wesentlichen orthotomisches System“ bilden im nachfolgend erläuterten Sinne: Denkt man sich zwei zu vergleichende Asphärenflächen zunächst bezüglich des Scheitelradius konzentrisch um einen Punkt angeordnet, so schließt eine Flächennormale der ersten Fläche mit der Flächennormalen auf der zweiten Fläche im jeweiligen Durchstoßpunkt einen Winkel  $\alpha$  ein. Bei einem exakt orthotomischen System gilt  $\alpha \equiv 0$  für alle möglichen Flächennormalen. Bei einem „im wesentlichen orthotomischen System“ im Sinne der Anmeldung gilt

10

$$\sin(\alpha) \leq \frac{N}{(D/\lambda)}$$

15 wobei D der optisch freie Durchmesser der Asphärenfläche und  $\lambda$  die zur Prüfung benutzte Wellenlänge (z.B. 633 nm) ist. Der Scheitelabstand der beiden Flächen muß nun nicht mehr durch die Differenz der Scheitelradien gegeben sein sondern ist so zu wählen, daß der maximal auftretende Winkel  $\alpha$  minimal wird. Im Sinne der Anmeldung handelt es sich insbesondere dann um „im wesentlichen orthotomische Systeme“, wenn  $N = 50$ , insbesondere  $N = 10$  oder  $N = 2$ , gilt. Dies bedeutet, daß dann bei einer interferometrischen Vermessung im Interferogramm eine Restkompensation von 50 oder 10 oder 2 Interferenzstreifen/Durchmesser auftritt.

20

25

Als ein Beispiel für die Vorteile dieses Designverfahrens zeigt Fig. 15 den bildseitigen Endbereich eines für 193 nm ausgelegten, katadioptrischen Immersionsprojektionsobjektivs 1000. In einem blendennahen Bereich zwischen Systemblende 1005 und Bildebene 1003 ist an der Austrittsseite eines annähernd plankonvexen Positiv-Meniskus eine rela-

30

tiv stark deformierte asphärische Fläche (Fläche 53) angebracht (maximale Deformation ca.  $400\mu\text{m}$ ). Bei dem entsprechenden System in Fig. 16 wurde die stark deformierte Asphärenfläche dadurch entlastet, dass an der ebenfalls zur Bildebene konkaven Austrittsfläche der darauffolgenden Positiv-Meniskuslinse eine weitere asphärische Fläche (Fläche 55) angebracht wurde, die im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung wie diejenige der davorliegenden Asphärenfläche hat. Durch diese Maßnahme konnte die maximale Deformation von ca.  $400\mu\text{m}$  auf etwa  $200\mu\text{m}$  halbiert werden, so dass Fertigung und Prüfung vereinfacht sind. Darüber hinaus konnte die Systemperformance sogar von  $12,0\text{m}\lambda$  auf  $10,6\text{m}\lambda$  substantiell verbessert werden. Es wird vermutet, dass die Verbesserung der Systemperformance zum Teil daraus resultiert, dass an den asphärischen Flächen Deformationen höherer Ordnungen reduziert werden können, wenn die Asphärizität auf mehr als eine Fläche verteilt wird. Die Spezifikation der Systeme ist in den Tabellen 18 und 19 (zu Fig. 10) und 20 und 21 (zu Fig. 11) angegeben.

-----



Tabelle 1

r217v

FLAECHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 193.368 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	32.320000000	LUFTV193	1.00030168	56.080
1	0.000000000	0.000000000	LUFTV193	1.00030168	63.974
2	-1459.164104982AS	10.883642136	SIO2V	1.56078570	63.974
3	180.619581350AS	39.156911315	N2VP950	1.00029966	67.044
4	-107.911220584	84.781901584	SIO2V	1.56078570	68.729
5	-213.989607599	1.000000000	N2VP950	1.00029966	111.823
6	-412.845153739AS	45.792045149	SIO2V	1.56078570	120.332
7	-190.379523326	1.000000000	N2VP950	1.00029966	126.132
8	-4614.877843160	27.708693812	SIO2V	1.56078570	134.795
9	-457.274001084	1.000000000	N2VP950	1.00029966	135.949
10	420.000000000	30.000000000	SIO2V	1.56078570	137.193
11	35602.890285272AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	136.246
12	270.000000000	26.475451634	SIO2V	1.56078570	131.917
13	502.754294891	1.000000000	N2VP950	1.00029966	129.430
14	173.244893529	85.000000000	SIO2V	1.56078570	120.248
15	214.130898591AS	20.540800473	N2VP950	1.00029966	92.443
16	1272.514093441	39.820596617	SIO2V	1.56078570	90.281
17	110.781466896	74.295506424	N2VP950	1.00029966	68.947
18	-104.989672476	9.000000000	SIO2V	1.56078570	65.198
19	730.287776054AS	22.486936747	N2VP950	1.00029966	71.895
20	-307.597097235	9.262679110	SIO2V	1.56078570	75.360
21	451.935383561	17.226875006	N2VP950	1.00029966	83.667
22	-1494.299186899AS	38.937578772	SIO2V	1.56078570	87.442
23	-148.722559000	1.035639602	N2VP950	1.00029966	92.689
24	-3752.461411339	9.000000000	SIO2V	1.56078570	103.329
25	258.882844388	20.496820411	N2VP950	1.00029966	111.025
26	784.281838265	42.249678112	SIO2V	1.56078570	115.317
27	-299.834096576	1.000000000	N2VP950	1.00029966	119.214
28	252.743271757	38.035650313	SIO2V	1.56078570	152.454
29	462.923229099AS	46.891093164	N2VP950	1.00029966	151.679
30	0.000000000	-33.756526966	N2VP950	1.00029966	154.358
31	330.495802864	9.500000000	SIO2V	1.56078570	155.347
32	231.289261882	40.469468987	N2VP950	1.00029966	153.254
33	571.711143658	76.794483240	SIO2V	1.56078570	155.511
34	-290.609715959	1.000000000	N2VP950	1.00029966	157.318
35	237.617551020	57.120134799	SIO2V	1.56078570	153.853
36	1696.873918301AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	151.130
37	157.356137136	46.718690084	SIO2V	1.56078570	127.954
38	293.488395013AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	121.868
39	151.671762316	59.722817409	SIO2V	1.56078570	107.894
40	208.655839861AS	4.385810273	N2VP950	1.00029966	80.177
41	204.831099129	21.287882831	SIO2V	1.56078570	77.985
42	804.557271249	6.470098061	N2VP950	1.00029966	70.895
43	475.191683660	12.337210713	SIO2V	1.56078570	57.127
44	1142.238156752	5.049134278	N2VP950	1.00029966	48.974
45	0.000000000	9.468750000	SIO2V	1.56078570	36.676
46	0.000000000	5.000014319	LUFTV193	1.00030168	29.397
47	0.000000000	-0.000014316		1.000000000	14.020

## Tabelle 2

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

## FLAECHE NR. 2

K 0.0000  
 C1 1.09119463e-007  
 C2 -5.30689084e-012  
 C3 -1.09315970e-016  
 C4 4.82752139e-020  
 C5 -2.47155650e-023  
 C6 1.58501935e-027  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 3

K 0.0000  
 C1 -1.56384505e-007  
 C2 1.06996314e-011  
 C3 -1.05376927e-015  
 C4 1.85697980e-019  
 C5 -3.19176766e-023  
 C6 2.00274942e-027  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 6

K 0.0000  
 C1 3.83956125e-009  
 C2 3.47868288e-013  
 C3 -1.28803865e-017  
 C4 1.18910850e-021  
 C5 -4.25647183e-026  
 C6 5.77188832e-031  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 11

K 0.0000  
 C1 4.81120275e-009  
 C2 4.13520576e-014  
 C3 -5.36254054e-018  
 C4 3.56325685e-022  
 C5 -9.96093521e-027  
 C6 1.64692958e-031  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 15

K 0.0000  
 C1 -1.61331019e-008  
 C2 3.52919257e-014  
 C3 3.06661268e-017  
 C4 -7.22002268e-021  
 C5 4.16057249e-025  
 C6 -2.31207963e-029  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 19

K 0.0000  
 C1 1.27878859e-008  
 C2 -4.13979560e-012  
 C3 -4.07208879e-016  
 C4 5.26377145e-020  
 C5 -8.68076114e-025  
 C6 -6.17849743e-029  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 22

K 0.0000  
 C1 -3.87264754e-008  
 C2 1.81612882e-012  
 C3 -1.09323759e-016  
 C4 2.55204344e-021  
 C5 -1.38859668e-025  
 C6 4.37920480e-030  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 29

K 0.0000  
 C1 1.55648594e-009  
 C2 7.87201037e-014  
 C3 -7.46227893e-019  
 C4 -8.47715974e-023  
 C5 3.94573522e-027  
 C6 -5.27152158e-032  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 36

K 0.0000  
 C1 1.38463693e-009  
 C2 9.34105890e-014  
 C3 -3.31978125e-018  
 C4 1.98461745e-022  
 C5 -5.31913432e-027  
 C6 7.36614617e-032  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 38

K 0.0000  
 C1 1.23494614e-009  
 C2 4.07836082e-013  
 C3 5.52319264e-018  
 C4 -1.06214092e-021  
 C5 5.56801394e-026  
 C6 -1.09523279e-030  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

FLAECHE NR. 40

K 0.0000  
C1 1.76315794e-008  
C2 3.90180649e-012  
C3 1.77550556e-017

C4 -3.14301026e-021  
C5 4.39156108e-025  
C6 8.08125064e-030  
C7 0.00000000e+000  
C8 0.00000000e+000  
C9 0.00000000e+000

Tabelle 3

r218v		
BRECHZAHL	1/2 FREIER	
FLAECHE	RADIEN	DICKEN
GLAESER	193.368 nm	DURCHMESSER
-----		
0	0.000000000	32.000000000
LUFTV193	1.00030168	56.080
1	0.000000000	0.000000000
LUFTV193	1.00030168	63.909
2	0.000000000	17.844950703
SIO2V	1.56078570	63.909
3	141.364869321AS	42.976532865
N2VP950	1.00029966	68.570
4	-106.379969384	78.027724995
SIO2V	1.56078570	70.336
5	-166.687860454	1.000000000
N2VP950	1.00029966	108.096
6	-453.543565041AS	26.035967427
SIO2V	1.56078570	118.587
7	-232.687652830	1.000000000
N2VP950	1.00029966	122.253
8	-4175.612871634	34.571195540
SIO2V	1.56078570	132.347
9	-339.014596070	1.000000000
N2VP950	1.00029966	134.146
10	500.000000000	34.007738554
SIO2V	1.56078570	137.817
11	-1979.358317517AS	1.000000000
N2VP950	1.00029966	137.328
12	275.000000000	38.615595029
SIO2V	1.56078570	131.717
13	713.420881508	1.000000000
N2VP950	1.00029966	127.146
14	219.840025272	85.000000000
SIO2V	1.56078570	118.935
15	321.375540921AS	4.922289739
N2VP950	1.00029966	92.215
16	408.796272617	25.823140797
SIO2V	1.56078570	89.829
17	101.545676471	72.090709976
N2VP950	1.00029966	70.185
18	-113.185080136	9.000000000
SIO2V	1.56078570	65.216
19	-6276.526315852AS	30.855400278
N2VP950	1.00029966	68.772
20	-137.418484927	17.333137381
SIO2V	1.56078570	70.621
21	413.789552546	20.404389259
N2VP950	1.00029966	84.304
22	-625.367774639AS	35.350033804
SIO2V	1.56078570	87.244
23	-140.888106901	1.000000000
N2VP950	1.00029966	91.874
24	2331.984028426	9.000000000
SIO2V	1.56078570	105.044
25	250.875405170	22.125324131
N2VP950	1.00029966	111.593
26	835.343130512	39.746104742
SIO2V	1.56078570	115.758
27	-326.784324219	1.000000000
N2VP950	1.00029966	119.638
28	255.433855640	46.317736953
SIO2V	1.56078570	153.611
29	490.028436327AS	42.760537386
N2VP950	1.00029966	152.582

30	0.000000000	-32.760537386
N2VP950	1.00029966	154.980
31	341.273585728	9.000000000
SIO2V	1.56078570	156.026
32	236.023249432	38.136711957
N2VP950	1.00029966	154.319
33	538.352989022	76.926527135
SIO2V	1.56078570	156.695
34	-303.854952853	1.000000000
N2VP950	1.00029966	158.497
35	242.471332890	55.345758805
SIO2V	1.56078570	156.649
36	1273.475455674AS	1.000000000
N2VP950	1.00029966	154.009
37	165.078804777	51.848716746
SIO2V	1.56078570	133.227
38	360.689088970AS	2.381005965
N2VP950	1.00029966	127.273
39	155.800125543	60.708631213
SIO2V	1.56078570	109.767
40	257.289833789AS	3.059278416
N2VP950	1.00029966	83.432
41	214.574391728	23.013966672
SIO2V	1.56078570	79.983
42	581.722478991	7.376730203
N2VP950	1.00029966	70.287
43	432.957343908	11.524326583
SIO2V	1.56078570	56.460
44	953.963555708	5.255374130
N2VP950	1.00029966	48.919
45	0.000000000	9.375000000
SIO2V	1.56078570	36.611
46	0.000000000	5.000014179
LUFTV193	1.00030168	29.403
47	0.000000000	-0.000014174
1.000000000	14.020	

**Tabelle 4**

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

## FLAECHE NR. 3

K	0.0000
C1	-2.86481339e-007
C2	1.33428721e-011
C3	-1.15140908e-015
C4	9.48184306e-020
C5	-5.08944755e-024
C6	1.72476575e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 6

K	0.0000
C1	-1.00040949e-008
C2	1.91234847e-014
C3	-3.08640325e-018
C4	2.26769898e-022
C5	-1.40237554e-027
C6	3.92572161e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 11

K	0.0000
C1	-1.62545449e-009
C2	-8.02017004e-014
C3	9.07741798e-019
C4	6.22361354e-023
C5	7.91274435e-029
C6	-2.44533345e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 15

K	0.0000
C1	-5.34383332e-008
C2	2.24730624e-012
C3	2.71223685e-018
C4	-5.23845943e-021
C5	1.96396121e-025
C6	-1.58673005e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 19

K	0.0000
C1	1.79672442e-009
C2	-6.77223099e-012
C3	-3.96951402e-016
C4	2.97275706e-020
C5	1.64172060e-024
C6	-2.76013991e-028
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000

C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 22

K	0.0000
C1	-3.46618935e-008
C2	1.24390269e-012
C3	-4.83656616e-017
C4	1.75302648e-022
C5	1.21150441e-025
C6	-1.12186612e-029
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 29

K	0.0000
C1	2.91242380e-009
C2	5.36672462e-014
C3	-3.84138467e-019
C4	-5.83775573e-023
C5	3.05838142e-027
C6	-4.39732968e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 36

K	0.0000
C1	1.34059170e-009
C2	1.06725317e-013
C3	-3.54947088e-018
C4	1.30852468e-022
C5	-2.68379318e-027
C6	3.47219208e-032
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 38

K	0.0000
C1	2.63154343e-009
C2	2.84724714e-013
C3	1.03599926e-018
C4	-5.71879023e-022
C5	3.15244493e-026
C6	-4.20712791e-031
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 40

K	0.0000
C1	9.80415755e-009
C2	4.75026576e-012
C3	-1.99060433e-016
C4	9.51377978e-021
C5	-4.27716194e-025
C6	-5.70277764e-030
C7	0.00000000e+000
C8	0.00000000e+000
C9	0.00000000e+000

Tabelle 5

r221v

FLAECHE	RADIEN	DICKEN	GLAESER	BRECHZAHL 193.368 nm	1/2 FREIER DURCHMESSER
0	0.000000000	32.320000000	LUFTV193	1.00030168	56.080
1	0.000000000	0.000000000	LUFTV193	1.00030168	63.987
2	-1414.283119543AS	8.000000000	SIO2V	1.56078570	64.113
3	424.792851760	5.648215816	N2VP950	1.00029966	65.856
4	1299.539331232AS	8.000000000	SIO2V	1.56078570	67.145
5	235.797454960	42.846403790	N2VP950	1.00029966	69.121
6	-102.370191138	69.189096195	SIO2V	1.56078570	70.860
7	-172.393415521	1.000000000	N2VP950	1.00029966	107.074
8	-311.506629059AS	37.876409079	SIO2V	1.56078570	116.081
9	-198.729331749	1.000000000	N2VP950	1.00029966	122.907
10	10618.353983725	37.816832272	SIO2V	1.56078570	134.690
11	-345.414077618	1.000000000	N2VP950	1.00029966	136.145
12	400.000000000	25.074567519	SIO2V	1.56078570	137.066
13	1543.425862196AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	136.002
14	250.000000000	44.417771731	SIO2V	1.56078570	132.858
15	424.538863322	1.000000000	N2VP950	1.00029966	125.810
16	174.877745836	70.000000000	SIO2V	1.56078570	118.444
17	243.447507091AS	14.188161571	N2VP950	1.00029966	98.000
18	484.930164939	48.000000000	SIO2V	1.56078570	95.965
19	111.938442661	77.053811810	N2VP950	1.00029966	71.061
20	-109.460895056	9.000000000	SIO2V	1.56078570	65.591
21	438.039183085AS	23.422549148	N2VP950	1.00029966	71.158
22	-202.054583818	9.000000000	SIO2V	1.56078570	72.631
23	465.572943863	16.082181763	N2VP950	1.00029966	82.930
24	-1172.049223927AS	36.326480405	SIO2V	1.56078570	86.214
25	-145.267929878	1.000000000	N2VP950	1.00029966	90.911
26	1353.417341936	9.000000000	SIO2V	1.56078570	105.237
27	254.308618512	21.441664729	N2VP950	1.00029966	111.540
28	808.549194446	40.139409419	SIO2V	1.56078570	115.722
29	-324.795643495	1.000000000	N2VP950	1.00029966	119.584
30	259.623325413	30.156883912	SIO2V	1.56078570	152.402
31	442.106202542AS	49.702134449	N2VP950	1.00029966	152.056
32	0.000000000	-35.918141056	N2VP950	1.00029966	155.705
33	321.189339694	13.200000000	SIO2V	1.56078570	156.875
34	235.938498925	38.959238636	N2VP950	1.00029966	154.952
35	548.092450535	78.619078346	SIO2V	1.56078570	157.303
36	-295.129602720	1.000000000	N2VP950	1.00029966	159.105
37	257.343015350	56.517809884	SIO2V	1.56078570	155.780
38	3502.742343640AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	153.286
39	153.633385258	50.277016535	SIO2V	1.56078570	128.279
40	298.509028204AS	1.000000000	N2VP950	1.00029966	122.045
41	149.675345185	60.980134477	SIO2V	1.56078570	107.243
42	190.178192400AS	5.453949973	N2VP950	1.00029966	77.382
43	197.572510486	20.628074249	SIO2V	1.56078570	75.169
44	718.043747110	5.783836616	N2VP950	1.00029966	68.036
45	479.704970402	11.372838185	SIO2V	1.56078570	56.262
46	1276.727595948	4.938062857	N2VP950	1.00029966	48.931
47	0.000000000	9.468750000	SIO2V	1.56078570	36.649
48	0.000000000	5.000014315	LUFTV193	1.00030168	29.372
49	0.000000000	-0.000014316		1.00000000	14.020

Tabelle 6

## ASPHAERISCHE KONSTANTEN

## FLAECHE NR. 2

K 0.0000  
 C1 2.08525794e-007  
 C2 -3.19987515e-011  
 C3 3.56280613e-015  
 C4 -3.77486884e-019  
 C5 2.10578968e-023  
 C6 -2.70937745e-028  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 4

K 0.0000  
 C1 3.64477027e-008  
 C2 2.00816645e-011  
 C3 -2.98745270e-015  
 C4 2.91202348e-019  
 C5 -1.79522903e-023  
 C6 3.55575104e-028  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 8

K 0.0000  
 C1 8.55962248e-009  
 C2 2.04733903e-013  
 C3 -6.43943314e-018  
 C4 5.73836441e-022  
 C5 -1.59385846e-026  
 C6 4.68346251e-031  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 13

K 0.0000  
 C1 7.03699560e-009  
 C2 -1.52661867e-014  
 C3 -3.99418159e-018  
 C4 1.88604871e-022  
 C5 -4.98713537e-027  
 C6 1.16946921e-031  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 17

K 0.0000  
 C1 -9.76738019e-009  
 C2 1.42039979e-013  
 C3 2.09426135e-017  
 C4 -3.11005072e-021  
 C5 1.30236376e-025  
 C6 -9.13097296e-030  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 21

K 0.0000  
 C1 1.14826642e-008  
 C2 -5.23285076e-012  
 C3 -3.60906300e-016  
 C4 4.17780521e-020  
 C5 4.11241516e-025  
 C6 -1.26961570e-028  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 24

K 0.0000  
 C1 -3.11670458e-008  
 C2 1.40028813e-012  
 C3 -1.04629804e-016  
 C4 9.68145933e-022  
 C5 -8.29015519e-026  
 C6 -2.79089191e-030  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 31

K 0.0000  
 C1 2.31274915e-009  
 C2 5.27830899e-014  
 C3 -2.07768704e-018  
 C4 -6.60919096e-023  
 C5 4.30024872e-027  
 C6 -5.82559285e-032  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 38

K 0.0000  
 C1 1.22133020e-009  
 C2 9.82170002e-014  
 C3 -4.08875155e-018  
 C4 2.25637760e-022  
 C5 -5.76550179e-027  
 C6 7.24587177e-032  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 40

K 0.0000  
 C1 2.01766742e-009  
 C2 3.58703800e-013  
 C3 1.38458390e-017  
 C4 -1.65456142e-021  
 C5 8.49511243e-026  
 C6 -1.87184616e-030  
 C7 0.00000000e+000  
 C8 0.00000000e+000  
 C9 0.00000000e+000

## FLAECHE NR. 42

K	0.0000	C5	-1.75917666e-024
C1	2.38088222e-008	C6	2.13969194e-028
C2	4.23623902e-012	C7	0.00000000e+000
C3	3.32178613e-017	C8	0.00000000e+000
C4	9.51247573e-021	C9	0.00000000e+000



Tabelle 7

Fläche Nr.	Typ	Radius [mm]	Mittendicke [mm]	Material	Halber Durchmesser [mm]
	Objekt-ebene		79.2500		
1	Sphäre	-99.4350	48.0000	'SIO2HL'	69.6
2	Asphäre A(1)	-101.0810	156.6400		86.1
3	Sphäre	-723.0640	70.0000	'SIO2HL'	120.7
4	Asphäre A(2)	-183.9000	340.9100		126.9
	Stop		124.2000		73.5
5	Sphäre	-180.6640	40.0000	'CAF2HL'	93.6
6	Asphäre A(3)	-141.0650	107.0000		102.1
	Spiegel	$\infty$	138.7300		150.2
7	Asphäre A(4)	172.4900	50.0000	'SIO2HL'	136.0
8	Sphäre	596.7120	47.4580		133.5
9	Sphäre	170.4950	56.0000	'SIO2HL'	117.3
10	Asphäre A(5)	194.7400	30.7260		107.5
11	Sphäre	infinity	7.2500	'CAF2HL'	93.4
12	Sphäre	107.4480	30.7500		75.8
13	Asphäre A(6)	413.1300	24.6400	'SIO2HL'	74.8
14	Asphäre A(7)	-199.5060	1.2500		72.9
15	Sphäre	$\infty$	3.0500	'CAF2HL'	70.8
16	Sphäre	$\infty$	1.2500		70.3
17	Sphäre	$\infty$	3.0500	'CAF2HL'	70.0
18	Sphäre	$\infty$	51.4480		69.6
19	Sphäre	$\infty$	6.3000	'SIO2HL'	57.3
20	Sphäre	$\infty$	0.0000		56.8
	Bildebene		0.0000		56.8

Tabelle 8

Asphäre	Krümmung	K	A	B	C	D	E
A(1)	-0.00989306	-1.016679	-6.011E-08	-2.104E-12	-8.452E-17	-9.101E-21	0.000E+00
A(2)	-0.00543774	0.172377	1.415E-08	5.799E-13	-5.406E-18	8.810E-22	0.000E+00
A(3)	-0.00708893	-0.740223	-1.794E-08	1.226E-13	-3.779E-17	1.585E-21	0.000E+00
A(4)	0.00579744	-0.487512	-1.532E-08	8.915E-14	-3.181E-19	-1.307E-22	0.000E+00
A(5)	0.00513505	-1.224675	-1.442E-07	7.613E-13	1.473E-16	-3.805E-21	0.000E+00
A(6)	0.00242055	-5.404462	-1.062E-07	8.090E-12	-3.350E-16	7.063E-19	-1.193E-22
A(7)	-0.00501238	1.430927	1.452E-07	1.114E-11	1.352E-15	5.307E-19	-9.312E-23

## Pupillenfunktion:

Bildfeldhöhe [mm]	Istwert [mrad]	Ist-Soll [mrad]
63,6	5,34	0,09
57,3	1,59	-0,10
51,0	-0,90	0,06
44,6	-2,65	0,10
38,3	-3,76	-0,01
31,9	-4,21	-0,10
25,5	-4,00	-0,08
19,1	-3,29	0,01
12,8	-2,28	0,09
6,4	-1,15	0,08

Tabelle 9

## Pupillenfunktion:

Bildfeldhöhe [mm]	Istwert [mrad]	Ist-Soll [mrad]
63,6	5,34	0,09
57,3	1,59	-0,10
51,0	-0,92	0,04
44,6	-2,64	0,10
38,3	-3,74	0,01
31,9	-4,19	-0,09
25,5	-4,00	-0,08
19,1	-3,30	0,01
12,8	-2,28	0,09
6,4	-1,15	0,09

Tabelle 12

## Pupillenfunktion:

Bildfeldhöhe [mm]	Istwert [mrad]	Ist-Soll [mrad]
63,6	5,32	0,07
57,3	1,59	-0,10
51,0	-0,92	0,04
44,6	-2,64	0,10
38,3	-3,74	0,01
31,9	-4,20	-0,09
25,5	-4,00	-0,08
19,1	-3,30	0,01
12,8	-2,28	0,09
6,4	-1,15	0,09

Tabelle 15

Tab. 10

	RADIUS	DICKE	248.3	EPS	248.8
1*****		45.143	1.0	1.0	1.0
2	-31.6971	28.136 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
3	-47.9230	39.292	1.0	1.0	1.0
4	428.1252	66.494 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
5	-150.7305	18.557	1.0	1.0	1.0
6	195.9789	44.285 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
7	471.9253	163.776	1.0	1.0	1.0
8	-601.7158	22.837 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
9	-248.8469	22.518	1.0	1.0	1.0
	BLEND	.000			
10*****		16.000	1.0	1.0	1.0
11*****		50.950	1.0	1.0	1.0
12	271.7523	46.762 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
13	-332.7323	16.448	1.0	1.0	1.0
14	1632.0761	13.064 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
15	125.5812	155.737	1.0	1.0	1.0
16*****		357.505	1.0	1.0	1.0
17	-406.8452	24.422 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
18	-176.1262	4.072	1.0	1.0	1.0
19*****		4.000 SUPRA1	1.508366	-.055 1.508088	1.0
20*****		60.000	1.0	1.0	1.0
21*****		.000	1.0	1.0	1.0
22*****			1.0	1.0	1.0

Tab. 11

FLAECHE	ASPHAERISCHE KONSTANTEN				
5	A	.30700259	.36275241E-07	.14555048E-11	.25367843E-16
			.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
9	A	.01609567	.44063917E-07	.16962313E-11	-.81523571E-17
			.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
17	A	-.00048398	.45060462E-07	.70280547E-11	.20097185E-14
			.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
18	A	.00009906	.48624218E-07	.27774765E-10	-.49448573E-14
			.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
				.64827842E-21	.00000000E+00
				.54237049E-20	.00000000E+00
				.00000000E+00	.00000000E+00
				.94856328E-18	-.37136823E-22

Tab. 13

	RADIUS	DICKE	248.3	EPS	248.8
1*****		68.629	1.0	1.0	1.0
2	-41.3402	37.553 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
3	-65.1683	1.899	1.0	1.0	1.0
4	-1821.9029	52.155 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
5	-165.0414	20.937	1.0	1.0	1.0
6	277.4757	67.266 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
7	-381.8306	200.731	1.0	1.0	1.0
8*****		17.900	1.0	1.0	1.0
	BLLENDE	.000			
9*****		19.430	1.0	1.0	1.0
10	169.1379	50.513 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
11	-2197.7333	72.898	1.0	1.0	1.0
12	350.2263	11.856 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
13	103.0750	128.232	1.0	1.0	1.0
14*****		339.584	1.0	1.0	1.0
15	-183.2474	21.658 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
16	-114.7171	24.758	1.0	1.0	1.0
17*****		4.000 SUPRA1	1.508366	-.055	1.508088
18*****		60.000	1.0	1.0	1.0
19*****		.000	1.0	1.0	1.0
20*****			1.0	1.0	1.0

Tab. 14

FLAECHE	ASPHAERISCHE KONSTANTEN				
4	A	.33072665E-08	-.27728125E-12	.66528381E-16	-.27747818E-20
		.00088826	.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
7	A	.23687863E-07	-.73089141E-13	.70178044E-17	-.17741133E-21
		.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
11	A	.41436721E-07	-.16796245E-12	.59248839E-17	-.91470033E-22
		.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
15	A	-.95943615E-07	-.10248697E-11	.27847883E-14	.00000000E+00
		.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00
16	A	-.37799825E-07	.24137738E-10	.59574191E-14	.12288559E-17
		.00000000E+00	.00000000E+00	.00000000E+00	.59577481E-22

Tab. 16

	RADIUS	DICKE	248.3	EPS	248.8
1	*****	65.935	1.0	1.0	1.0
2	-40.6035	38.487 SUPRA1	1.0	1.0	1.0
3	-64.3159	5.680	1.0	1.0	1.0
4	1995.7246	53.136 SUPRA1	1.0	1.0	1.0
5	-189.7903	26.685	1.0	1.0	1.0
6	344.0589	66.052 SUPRA1	1.0	1.0	1.0
7	-298.0580	198.231	1.0	1.0	1.0
8	*****	17.900	1.0	1.0	1.0
	LENDE	.000			
9	*****	12.589	1.0	1.0	1.0
10	182.3714	55.709 SUPRA1	1.0	1.0	1.0
11	-512.3841	47.471	1.0	1.0	1.0
12	700.0127	12.241 SUPRA1	1.0	1.0	1.0
13	104.1003	149.883	1.0	1.0	1.0
14	*****	343.316	1.0	1.0	1.0
15	-184.4560	20.375 SUPRA1	1.0	1.0	1.0
16	-115.3836	22.308	1.0	1.0	1.0
17	*****	4.000 SUPRA1	1.0	1.0	1.0
18	*****	60.000	1.0	1.0	1.0
19	*****	.000	1.0	1.0	1.0
20	*****		1.0	1.0	1.0

Tab. 17

FLAECHE	ASPHAERISCHE KONSTANTEN	248.3	EPS	248.8
7	A	.28361731E-07	.53973409E-22	.00000000E+00
11	A	.39915901E-07	.77184766E-22	.00000000E+00
15	A	.10763439E-06	.00000000E+00	.00000000E+00
16	A	.48775194E-07	.12049627E-17	.59417852E-22

Tabelle 18

J124o

Fl.Nr.	Radius	Dicke/Abstand	Material	refr. Index	fr. Durchm.	
0	0	40		1	136	
1	0	0		1	162,238	
2	0	10	SIO2HL	1,56018811	162,238	
3	0	90,00242783		1	166,316	
4	0	126,1714501		1	225,352	
5	284,819283	88,25879422	SIO2HL	1,56018811	346,704	
6	-718,846875	67,94464464		1	344,764	
7	332,99532	29,58650607	SIO2HL	1,56018811	277,8	
8	229,906571	87,36888257		1	252,304	
9	-221,626736	15	SIO2HL	1,56018811	247,846	
10	-858,351043	96,28958137		1	258,722	
11	-223,041108	15	SIO2HL	1,56018811	272,15	
12	-610,039132	43,05996383		1	300,996	
13	-221,235303	15	SIO2HL	1,56018811	303,626	
14	-496,460616	39,93674981		1	353,65	
15	0	0		-1	488,926	REFL
16	261,673247	39,93674981		1	358,9	REFL
17	496,460616	15	SIO2HL	1,56018811	352,086	
18	221,235303	43,05996383		1	294,964	
19	610,039132	15	SIO2HL	1,56018811	288,496	
20	223,041108	96,28958137		1	256,802	
21	858,351043	15	SIO2HL	1,56018811	225,826	
22	221,626736	87,36888257		1	211,74	
23	-229,906571	29,58650607	SIO2HL	1,56018811	209,998	
24	-332,99532	67,94464464		1	221,786	
25	718,846875	88,25879422	SIO2HL	1,56018811	233,566	
26	-284,819283	148,919977		1	231,788	
27	0	117,2478983		1	163,64	
28	0	24,99733735		1	242,922	
29	603,370765	39,04445671	SIO2HL	1,56018811	270,182	
30	-636,597636	0,948767519		1	272,294	
31	342,176859	50,00126936	SIO2HL	1,56018811	277,832	
32	17319,8551	73,84714255		1	272,836	
33	-218,591907	8,99910435	SIO2HL	1,56018811	262,016	
34	904,679885	54,19491053		1	281,338	
35	-680,586753	54,40626463	SIO2HL	1,56018811	299,432	
36	-220,41366	5,817238376		1	305,088	
37	500,62792	15,60974916	SIO2HL	1,56018811	297,022	
38	198,761197	53,16103132		1	282,566	
39	814,404669	36,98819327	SIO2HL	1,56018811	289,582	
40	-871,120646	0,949164971		1	294,484	
41	835,76703	39,91455494	SIO2HL	1,56018811	307,664	
42	-726,054716	0,949236893		1	309,074	
43	317,363233	57,34718751	SIO2HL	1,56018811	309,176	
44	3960,12424	39,5720585		1	301,446	
45	-420,71174	9,499467238	SIO2HL	1,56018811	297,386	

Tabelle 18 (Fortsetzung)

46	359,94645	56,65260716		1	296,478
47	-2691,51008	44,96770761	SIO2HL	1,56018811	306,182
48	-306,711407	3,572848114		1	310,034
49	742,794849	27,51408106	SIO2HL	1,56018811	310,324
50	-5522,84952	-0,960213691		1	309,836
51	0	1,905954202		1	308,384
52	286,444693	47,52996513	SIO2HL	1,56018811	309,936
53	2180,55421	0,940628914		1	306,14
54	223,755941	47,20113369	SIO2HL	1,56018811	282,118
55	764,2653	0,937188691		1	273,64
56	142,961746	51,14510511	SIO2HL	1,56018811	221,778
57	594,670868	0,91280099		1	207,25
58	120,817932	25,60552721	SIO2HL	1,56018811	154,022
59	234,539697	0,813496277		1	132,74
60	117,536405	41,01820363	SIO2HL	1,56018811	112,148
61	0	2,00024195	H2OV193	1,43667693	40,986
62	0	-0,00024161		1	34,006



Tabelle 19

Asphären Fl. Nr.	K	C1	C2	C3	C4	C5	C6
6	0	1,81054E-09	-2,31090E-14	9,96078E-19	-1,12802E-23	7,07088E-29	-6,95390E-34
12	0	-8,90600E-10	-1,51217E-13	4,88272E-21	8,25531E-23	-2,79550E-27	2,35098E-31
14	0	-3,34713E-09	5,94735E-14	-1,82452E-19	-1,16648E-23	7,22990E-28	-2,74308E-32
17	0	3,34713E-09	-5,94735E-14	1,82452E-19	1,16648E-23	-7,22990E-28	2,74308E-32
19	0	8,90600E-10	1,51217E-13	-4,88272E-21	-8,25531E-23	2,79550E-27	-2,35098E-31
25	0	-1,81054E-09	2,31090E-14	-9,96078E-19	1,12802E-23	-7,07088E-29	6,95390E-34
34	0	-2,09777E-09	-5,69167E-14	-2,08879E-19	3,29541E-23	6,66605E-28	-1,96222E-32
45	0	-7,23645E-09	1,09023E-13	-3,10776E-18	3,84103E-22	-9,66600E-27	-8,74269E-32
47	0	-7,61174E-09	2,65544E-13	-7,37805E-18	3,19143E-22	-2,12393E-26	5,21669E-31
53	0	4,28502E-10	4,33345E-13	-2,08439E-17	2,18135E-22	5,73143E-27	-1,02762E-31
57	0	8,39683E-09	8,08208E-13	-6,65945E-17	5,13258E-21	-3,16949E-25	8,16626E-30
59	0	4,78541E-08	6,68577E-12	-1,88747E-16	-1,54458E-20	1,63093E-23	-1,04350E-27

Tabelle 20

j127o

Fl. Nr.	Radius	Dicke/Abstand	Material	refr. Index	fr. Durchm.	
0	0	40		1	136	
1	0	0		1	162,23	
2	0	10	SIO2HL	1,56018811	162,23	
3	0	90,00136568		1	166,306	
4	0	126,9754212		1	225,326	
5	287,871657	87,61804518	SIO2HL	1,56018811	346,638	
6	-714,813191	72,13214669		1	344,79	
7	332,204484	30,00699117	SIO2HL	1,56018811	277,208	
8	228,934009	86,52185874		1	251,744	
9	-225,793329	15	SIO2HL	1,56018811	247,436	
10	-736,477377	88,69950684		1	257,478	
11	-223,422523	15	SIO2HL	1,56018811	267,924	
12	-670,949887	43,07304995		1	295,618	
13	-220,819788	15	SIO2HL	1,56018811	298,228	
14	-499,016297	39,4948838		1	345,992	
15	0	0		-1	474,852	REFL
16	259,210693	39,4948838		1	351,666	REFL
17	499,016297	15	SIO2HL	1,56018811	344,228	
18	220,819788	43,07304995		1	289,47	
19	670,949887	15	SIO2HL	1,56018811	283,008	
20	223,422523	88,69950684		1	252,278	
21	736,477377	15	SIO2HL	1,56018811	225,524	
22	225,793329	86,52185874		1	212,25	
23	-228,934009	30,00699117	SIO2HL	1,56018811	210,37	
24	-332,204484	72,13214669		1	222,306	
25	714,813191	87,61804518	SIO2HL	1,56018811	234,366	
26	-287,871657	150,4821633		1	232,45	
27	0	116,4962314		1	163,22	
28	0	24,99582853		1	242,07	
29	608,165543	38,78395838	SIO2HL	1,56018811	269,198	
30	-633,325408	0,947612575		1	271,334	
31	344,637109	45,34004131	SIO2HL	1,56018811	276,98	
32	-62952,622	76,39801942		1	273,248	
33	-217,488195	8,998996112	SIO2HL	1,56018811	261,15	
34	996,855971	54,49706951		1	280,182	
35	-688,700451	54,41929128	SIO2HL	1,56018811	298,924	
36	-219,471564	1,418978688		1	304,346	
37	431,058008	15,20870568	SIO2HL	1,56018811	294,528	
38	192,067389	63,01795094		1	278,474	
39	987,105089	32,04274664	SIO2HL	1,56018811	290,984	
40	-891,544249	0,948742302		1	294,704	
41	677,684124	41,63748934	SIO2HL	1,56018811	308,902	
42	-818,475719	0,949203181		1	309,902	
43	325,99568	57,4047341	SIO2HL	1,56018811	307,608	
44	13052,304	36,34195774		1	299,756	

Tabelle 20 (Fortsetzung)

46	350,704764	54,90641556		1	297,02
47	-2978,76559	46,68826821	SIO2HL	1,56018811	306,046
48	-300,028769	0,944451222		1	310,008
49	871,548118	27,20190252	SIO2HL	1,56018811	310,024
50	-2770,02197	-1,193616306		1	309,682
51	0	2,132719511		1	308,032
52	271,299915	46,98951537	SIO2HL	1,56018811	309,962
53	1226,61461	0,930593484		1	305,892
54	234,802856	49,00464753	SIO2HL	1,56018811	284,866
55	1226,61461	0,922464986		1	276,644
56	137,676807	51,75763941	SIO2HL	1,56018811	217,64
57	542,765286	0,899139131		1	202,58
58	118,289771	24,20432254	SIO2HL	1,56018811	149,71
59	209,420984	0,848851855		1	127,784
60	116,984714	40,14644803	SIO2HL	1,56018811	110,648
61	0	2,000071048	H2OV193	1,43667693	40,976
62	0	-0,00007074		1	34,002

Tabelle 21

Asphären Fl.Nr.	K	C1	C2	C3	C4	C5	C6
6	0	1,69174E-09	-2,05881E-14	1,03251E-18	-1,12193E-23	3,90449E-29	-5,29045E-34
12	0	-1,41589E-09	-1,57552E-13	1,25094E-18	2,21664E-23	2,23065E-28	1,88935E-31
14	0	-3,46732E-09	6,26464E-14	-3,07498E-19	-8,03587E-24	6,53890E-28	-3,03891E-32
17	0	3,46732E-09	-6,26464E-14	3,07498E-19	8,03587E-24	-6,53890E-28	3,03891E-32
19	0	1,41589E-09	1,57552E-13	-1,25094E-18	-2,21664E-23	-2,23065E-28	-1,88935E-31
25	0	-1,69174E-09	2,05881E-14	-1,03251E-18	1,12193E-23	-3,90449E-29	5,29045E-34
34	0	-2,08973E-09	-3,21415E-14	-4,89621E-19	4,99266E-23	6,37920E-29	-1,16558E-32
45	0	-9,02991E-09	1,92955E-13	-2,66461E-18	2,63723E-22	-8,86762E-27	-3,54012E-32
47	0	-6,06114E-09	1,64132E-13	-4,22802E-18	1,75836E-22	-1,41128E-26	4,02240E-31
53	0	1,24264E-09	2,65702E-13	-1,73022E-17	2,87349E-22	2,96301E-27	-8,89915E-32
55	0	1,24264E-09	2,65702E-13	-1,73022E-17	2,87349E-22	2,96301E-27	-8,89915E-32
57	0	-2,48214E-09	1,65060E-12	-4,57406E-17	4,60607E-22	-6,08631E-26	2,96024E-30
59	0	6,48548E-08	5,64309E-12	-3,20630E-17	-3,28553E-20	2,51656E-23	-1,95410E-27

### Patentansprüche

1.   Optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung eines in einer Objektebene  
5   des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bild-  
ebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld mit:  
einer Vielzahl von Linsen, die zwischen der Objektebene und der Bild-  
ebene angeordnet sind und jeweils eine erste Linsenfläche und eine  
zweite Linsenfläche aufweisen,  
10   wobei mindestens eine der Linsen eine Doppelasphärenlinse ist, bei der  
die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche eine asphärische  
Fläche ist.
2.   Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 1, bei dem die erste  
15   Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse im  
wesentlichen symmetrisch zueinander gestaltet sind.
3.   Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die  
erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche der Doppelasphärenlinse  
20   im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung  
und Asphärenkonstanten haben.
4.   Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, bei dem die erste Linsenfläche und die zweite Linsenfläche  
25   der Doppelasphärenlinse so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen  
durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.
5.   Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden  
Ansprüche, bei dem die erste Linsenflächen und die zweite Linsenfläche  
30   der Doppelasphärenlinse ähnliche Asphären in dem Sinne sind, dass sie

mit derselben Prüfoptik, gegebenenfalls bei unterschiedlichem Arbeits- oder Prüfabstand, prüfbar sind.

5 6. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse in der Nähe einer Feld-ebene des Abbildungssystems angeordnet ist.

10 7. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse in einem feldnahen Linsenbereich angeordnet ist, in dem die Hauptstrahlhöhe groß gegen die Randstrahlhöhe der Abbildung ist.

15 8. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Abbildungssystem ein Objektiv zur Abbildung eines in einer Zwischenfeldebene eines Beleuchtungssystems angeordneten Beleuchtungsfeldes in eine Austrittsebene des Beleuchtungssystems ist, vorzugsweise mit einem Abbildungsmaßstab zwischen ca. 1:1 und 1:4 bis 1:5.

20 9. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse die letzte, der Bildebene nächstliegende Linse des Abbildungssystems ist.

25 10. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse eine im wesentlichen symmetrische Bikonvexlinse ist.

30 11. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse als Meniskuslinse gestaltet, insbesondere mit bildseitiger Konvexfläche.

12. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Abbildungssystem ein Projektionsobjektiv zur Abbildung eines in einer Objektebene des Projektionsobjektivs angeordneten Musters einer Maske in die Bildebene des Projektionsobjektivs ist.

5

13. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Projektionsobjektiv ein rotationssymmetrisches, rein refraktives Projektionsobjektiv ist.

10 14. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Projektionsobjektiv als Zweibauchsystem mit einem objektseitigen Bauch, einem bildseitigen Bauch und einer dazwischen liegenden Taille ausgebildet ist.

15 15. Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem das Projektionsobjektiv ein katadioptrisches Projektionsobjektiv ist, insbesondere mit einem geometrischen Strahlteiler oder mit einem physikalischen Strahlteiler mit polarisationsselektiver Strahlteilerfläche.

20 16. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 15, bei dem das Projektionsobjektiv ein katadioptrisches Projektionsobjektiv mit einem reellen Zwischenbild ist und bei dem mindestens eine Doppelashärenlinse in der Nähe des Zwischenbildes angeordnet ist

25 17. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse in der Nähe der Objektebene angeordnet ist.

30 18. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse die der Objektebene nächstliegende Linse des Abbildungssystems ist.

19. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse negative Brechkraft hat.

20. Optisches Abbildungssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Doppelasphärenlinse als Meniskuslinse gestaltet ist.

21. Optisches Abbildungssystem für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld mit:  
einer Vielzahl von Linsen, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind,  
wobei die Vielzahl von Linsen eine erste asphärische Linsenfläche und mindestens eine zweite asphärische Linsenfläche aufweist und die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche derart ähnlich deformiert sind, dass sie mit derselben Prüfoptik prüfbar sind.

22. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 21, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben.

23. Optisches Abbildungssystem nach Anspruch 21 oder 22, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.

24. Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 23, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche an der gleichen Linse (Doppelasphärenlinse) ausgebildet sind.



25.   Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 24, bei dem die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche an unterschiedlichen Linsen ausgebildet sind.

5

26.   Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 25, bei dem zwischen der ersten asphärischen Linsenfläche und der zweiten asphärischen Linsenfläche mindestens eine andere optische Fläche angeordnet ist.

10

27.   Optisches Abbildungssystem nach einem der Ansprüche 21 bis 26, bei dem das Abbildungssystem ein Projektionsobjektiv zur Abbildung eines in einer Objektebene des Projektionsobjektivs angeordneten Musters einer Maske in die Bildebene des Projektionsobjektivs ist.

15

28.   Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage mit:  
einer Lichtquelle;  
einem Beleuchtungssystem; und  
einem Projektionsobjektiv,

20 wobei mindestens ein optisches Abbildungssystem des Beleuchtungssystems und/oder das Projektionsobjektiv als Abbildungssystem gemäß einem der Ansprüche 1 bis 20 oder einem der Ansprüche 21 bis 27 ausgebildet ist.

25 29.   Designverfahren zur Erzeugung eines optisches Abbildungssystems für eine Mikrolithographie-Projektionsbelichtungsanlage, wobei das Abbildungssystem zur Abbildung eines in einer Objektebene des Abbildungssystems angeordneten Objektfeldes in ein in einer Bildebene des Abbildungssystems angeordnetes Bildfeld vorgesehen ist und eine Viel-  
30 zahl von Linsen aufweist, die zwischen der Objektebene und der Bildebene angeordnet sind, und wobei zur Beeinflussung der Abbildung eine

Bereitstellung einer Asphärenwirkung mindestens einer asphärischen optischen Fläche zugelassen ist mit:

Berechnung einer ersten asphärischen Linsenfläche und mindestens einer zweiten asphärischen Linsenfläche derart, dass eine Kombination der ersten und der zweiten asphärischen Linsenfläche zur Erzeugung der Asphärenwirkung ausgebildet ist und dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche derart ähnlich deformiert sind, dass sie mit derselben Prüfoptik prüfbar sind.

10 30. Designverfahren nach Anspruch 29, bei dem die Berechnung so durchgeführt wird, dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche im wesentlichen die gleiche Flächenbeschreibung bezüglich Krümmung und Asphärenkonstanten haben.

15 31. Designverfahren nach Anspruch 29 oder 30, bei dem die Berechnung so durchgeführt wird, dass die erste asphärische Linsenfläche und die zweite asphärische Linsenfläche so gestaltet sind, dass sie im wesentlichen durch eine orthotomische Projektion ineinander überführbar sind.

20

-----

25

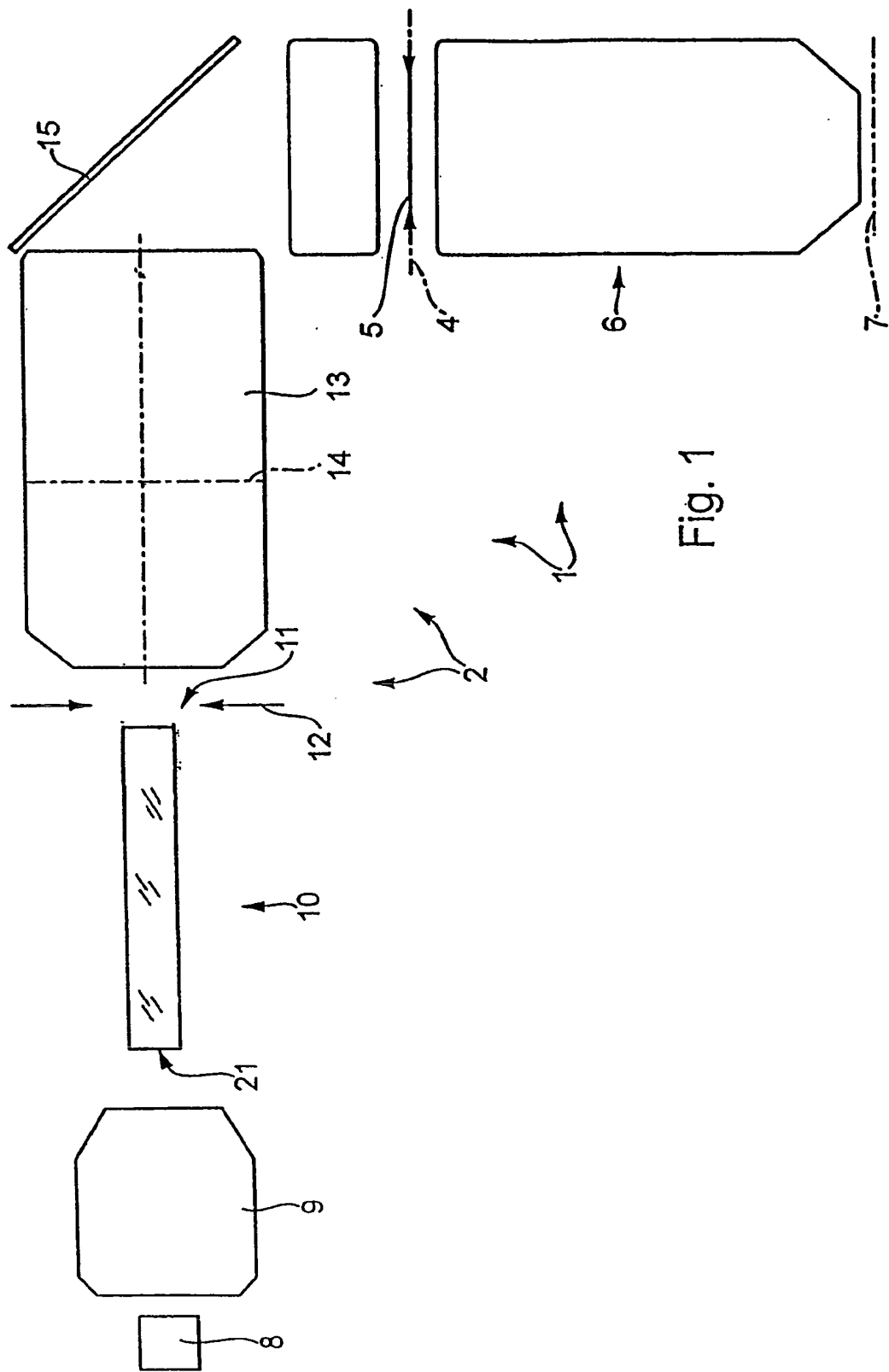
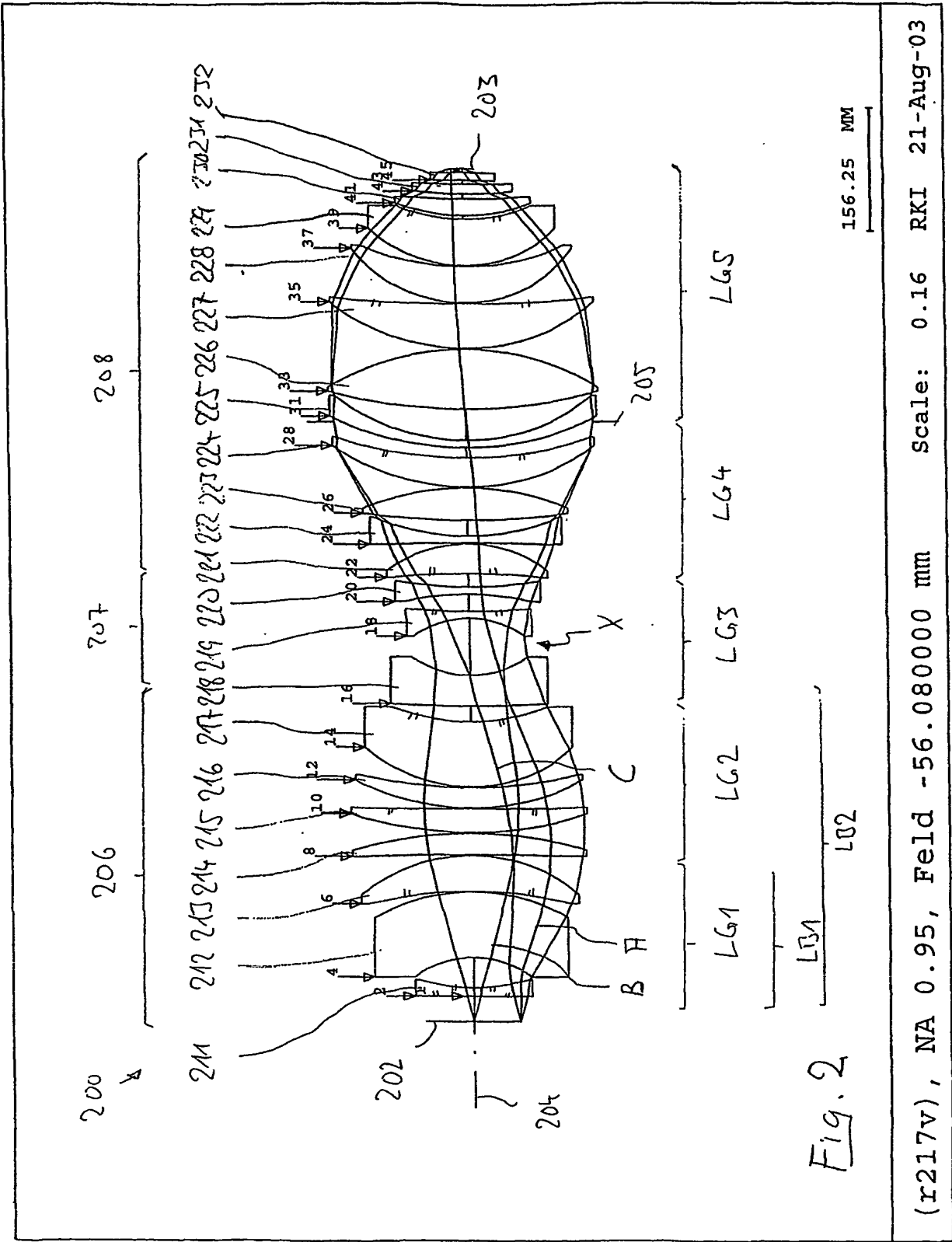


Fig. 1



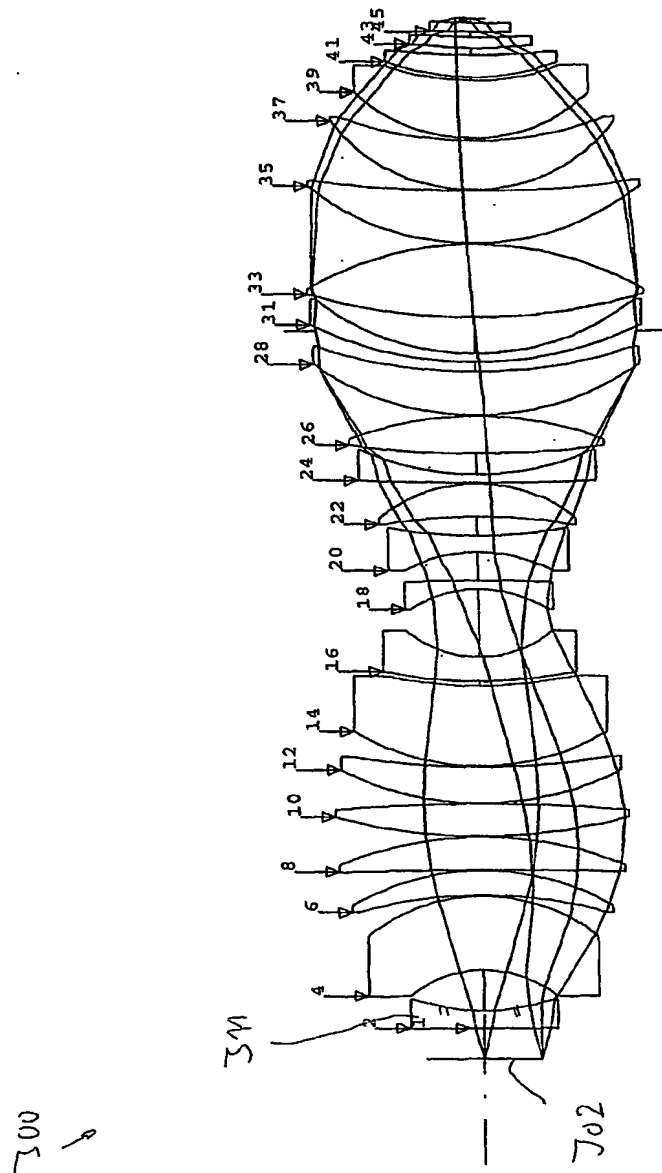
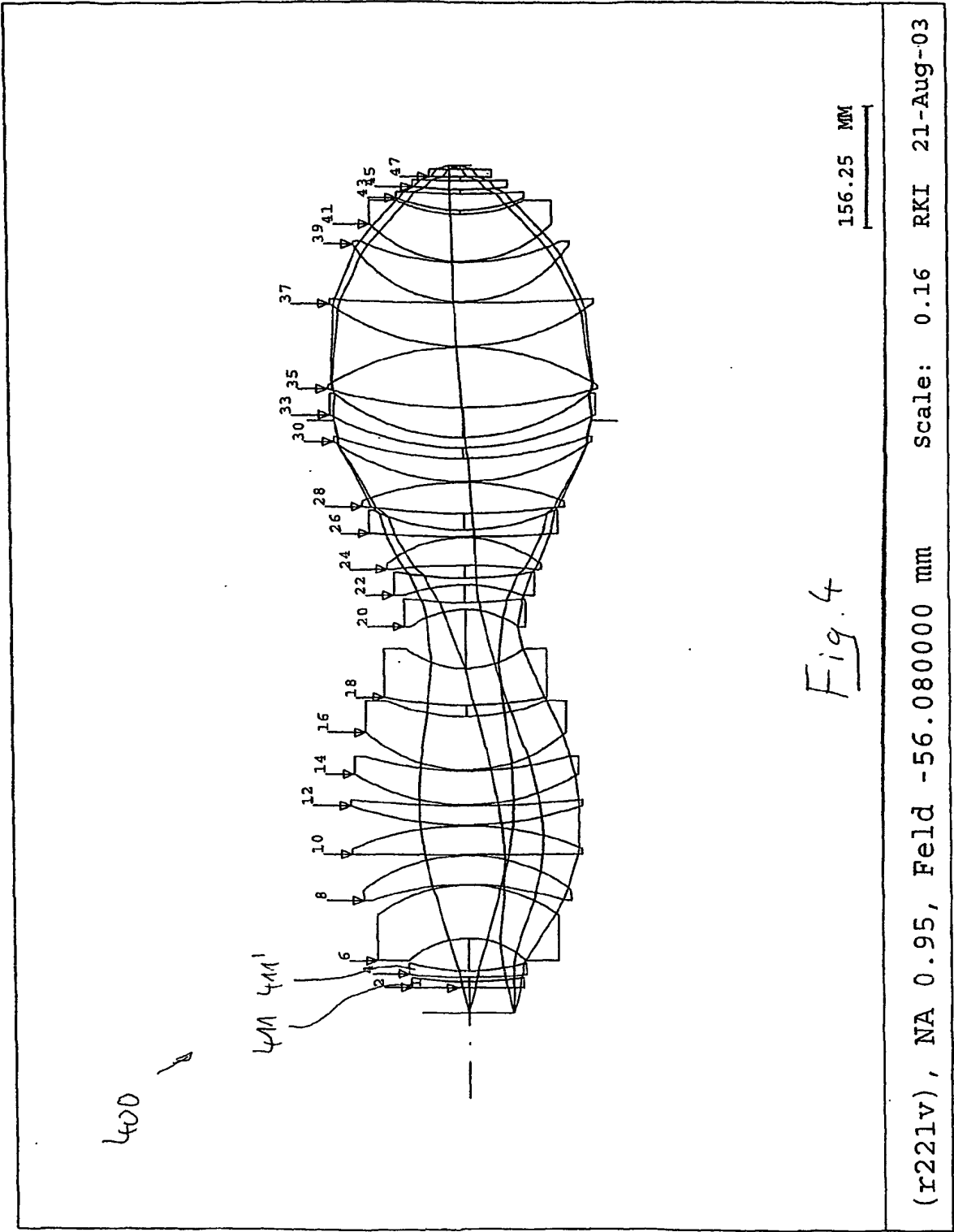


Fig. 3

156.25 MM

```
(r218v), NA 0.95, Feld -56.080000 mm scale: 0.16 RKI 21-Aug-03
```



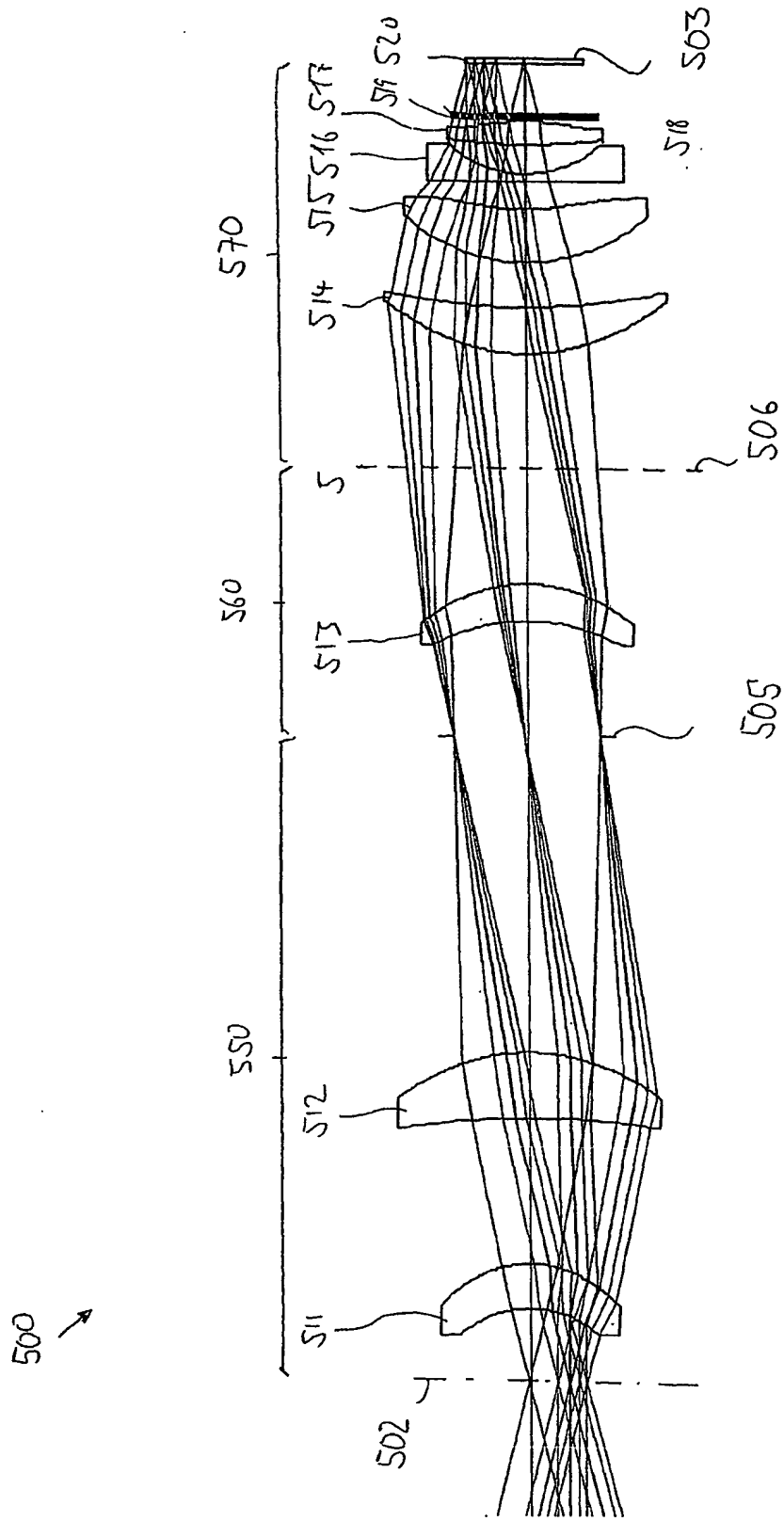


Fig. 5

Fig. 6

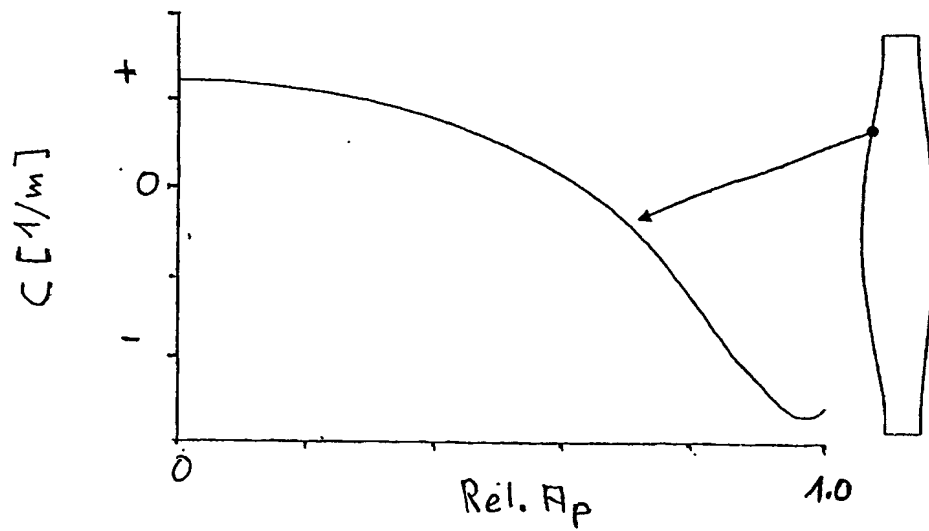


Fig. 7

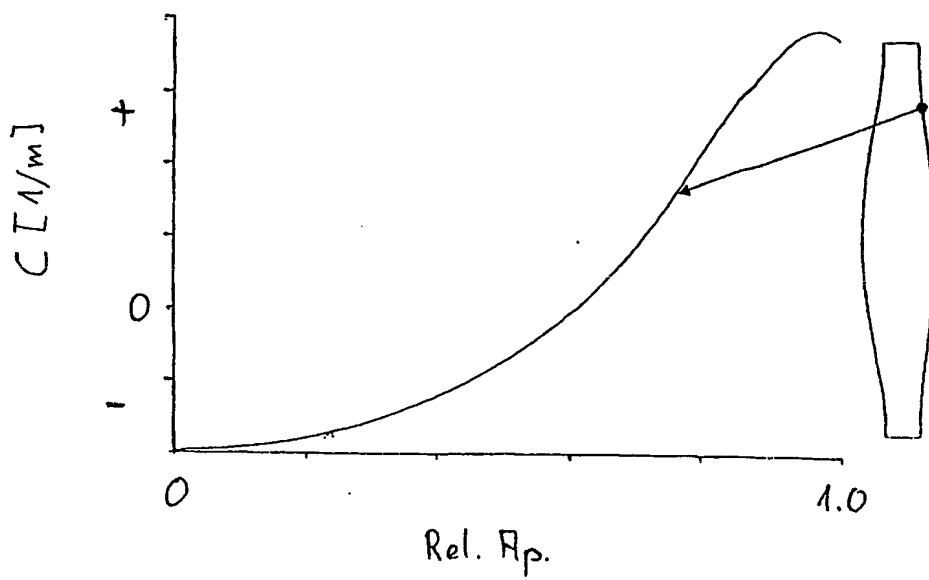




Fig. 8

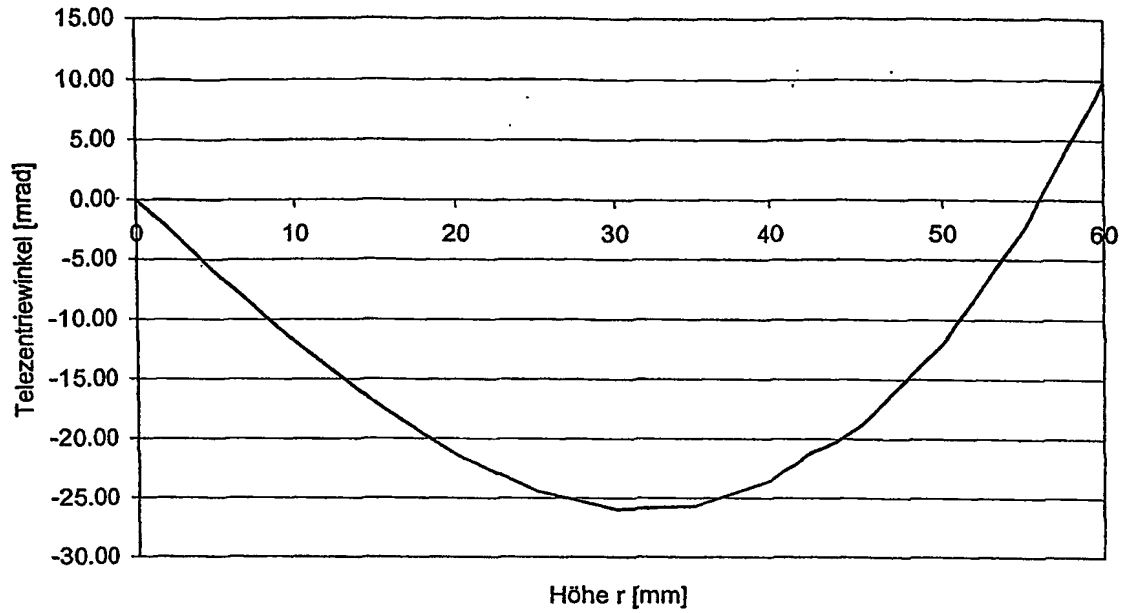


Fig. 9

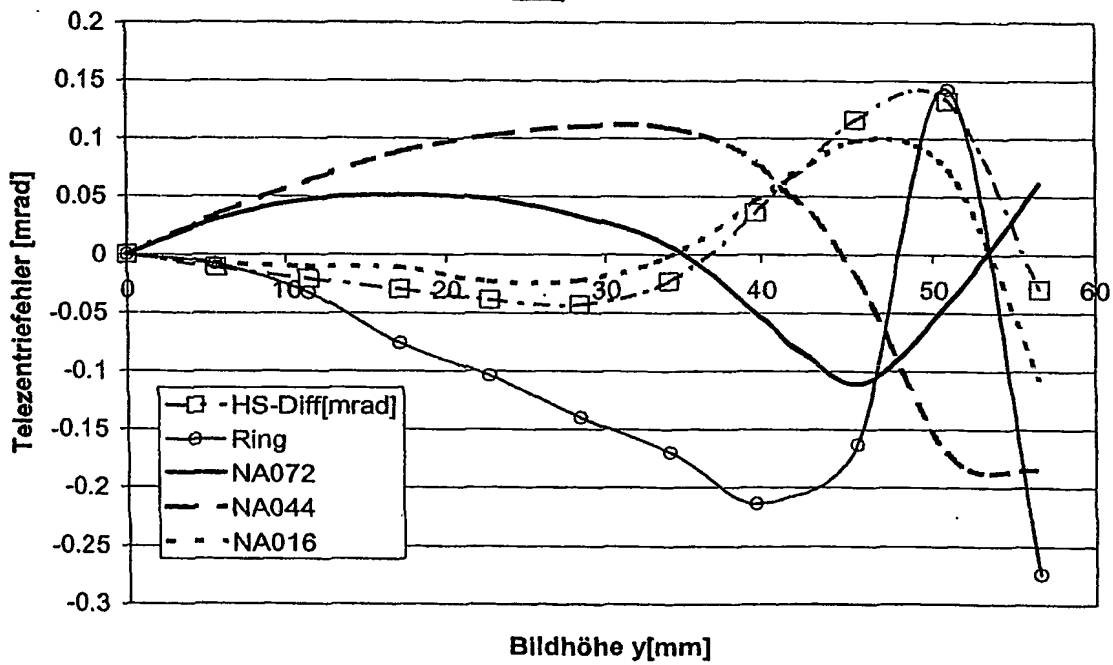
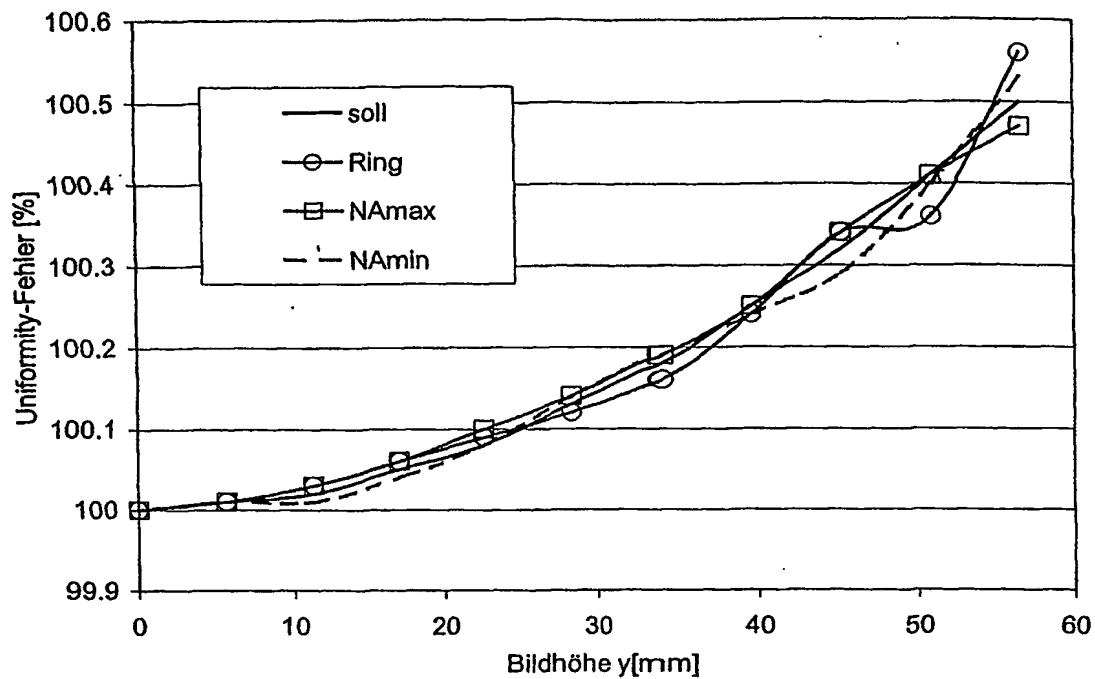


Fig. 10



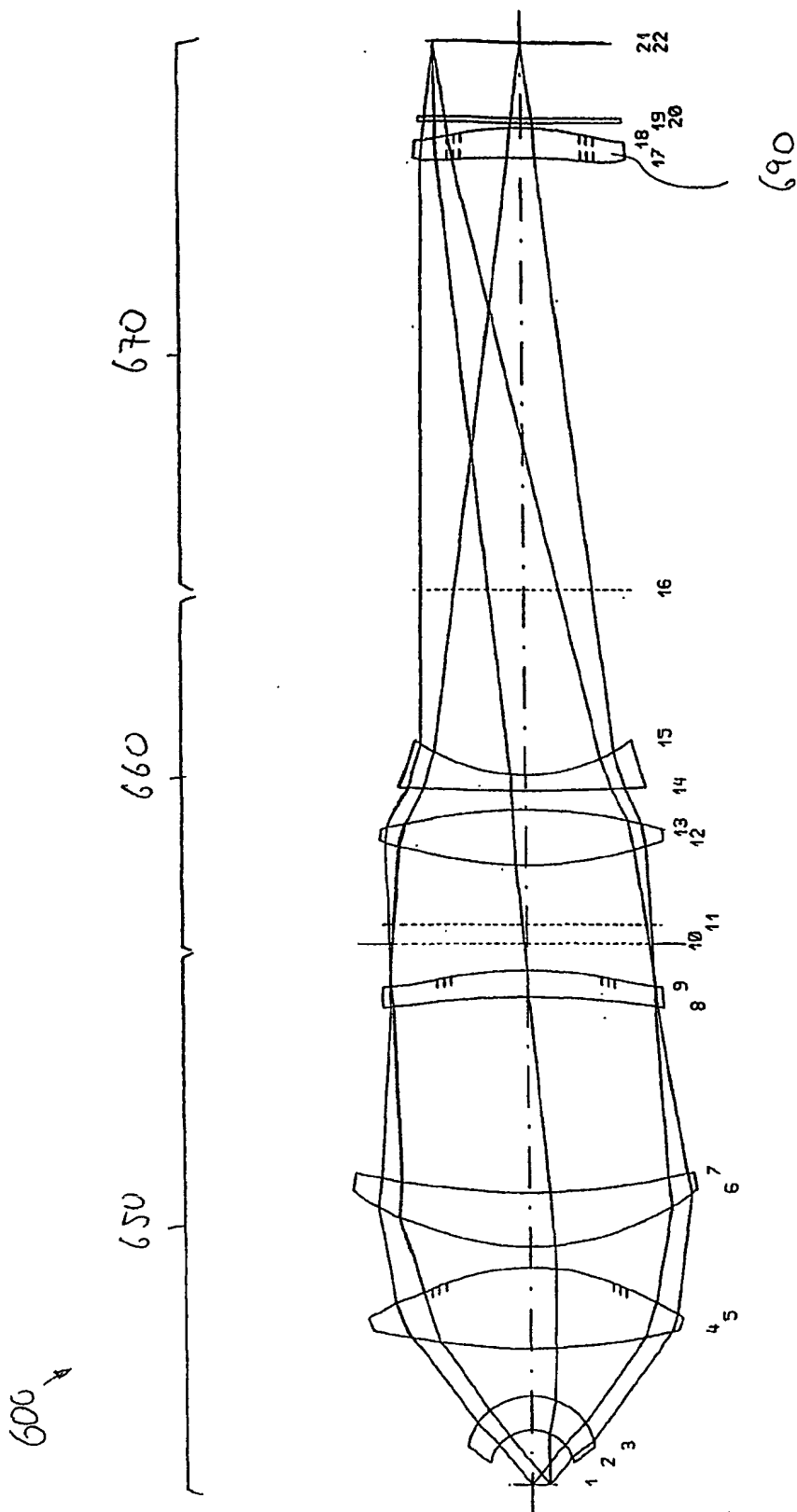


Fig. 11

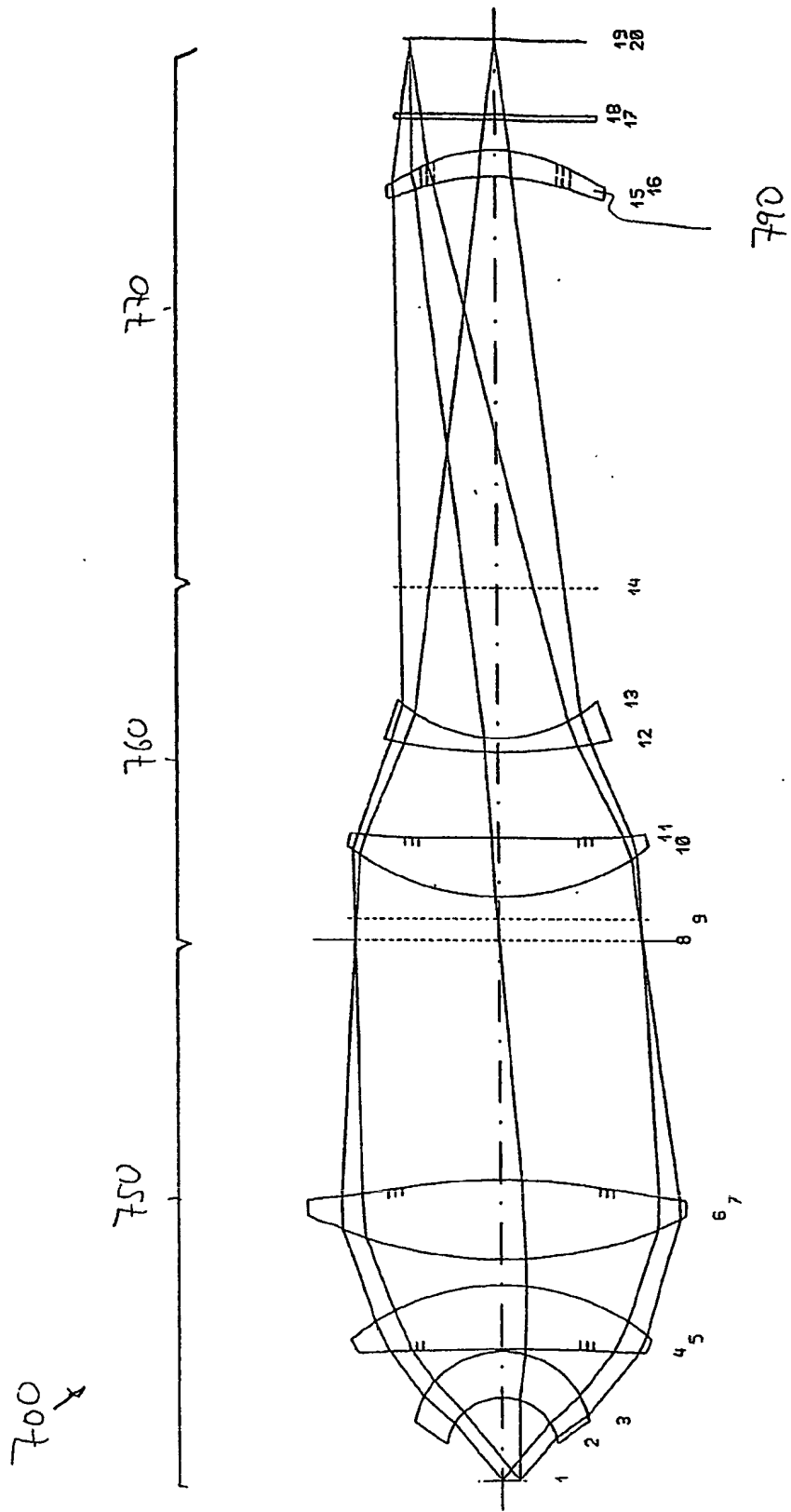


Fig. 12

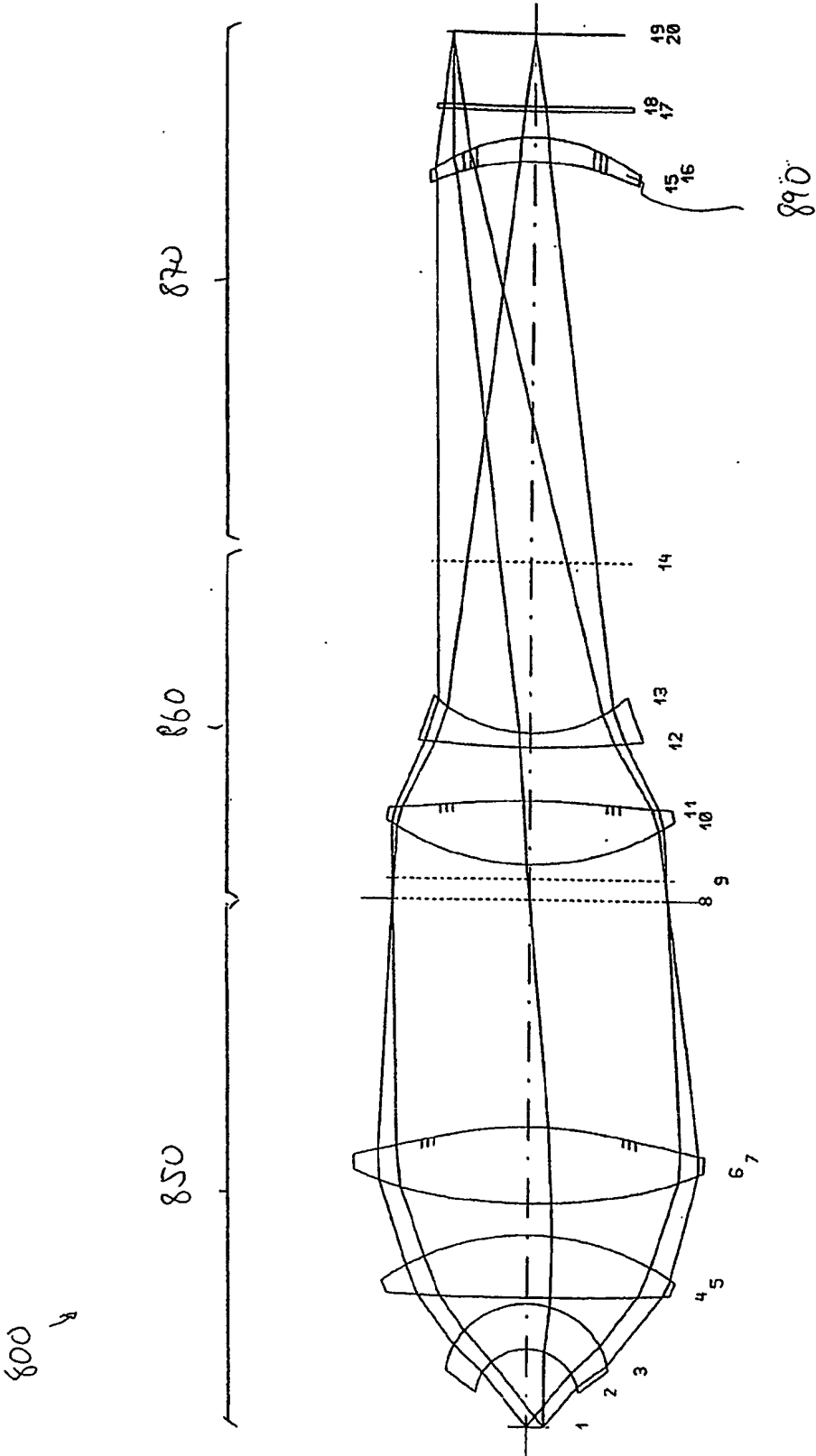


Fig. 13

Fig. 14

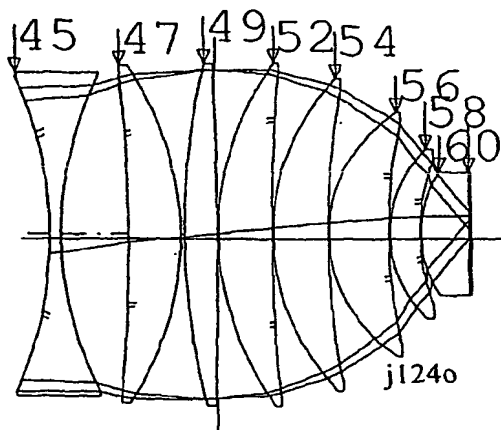
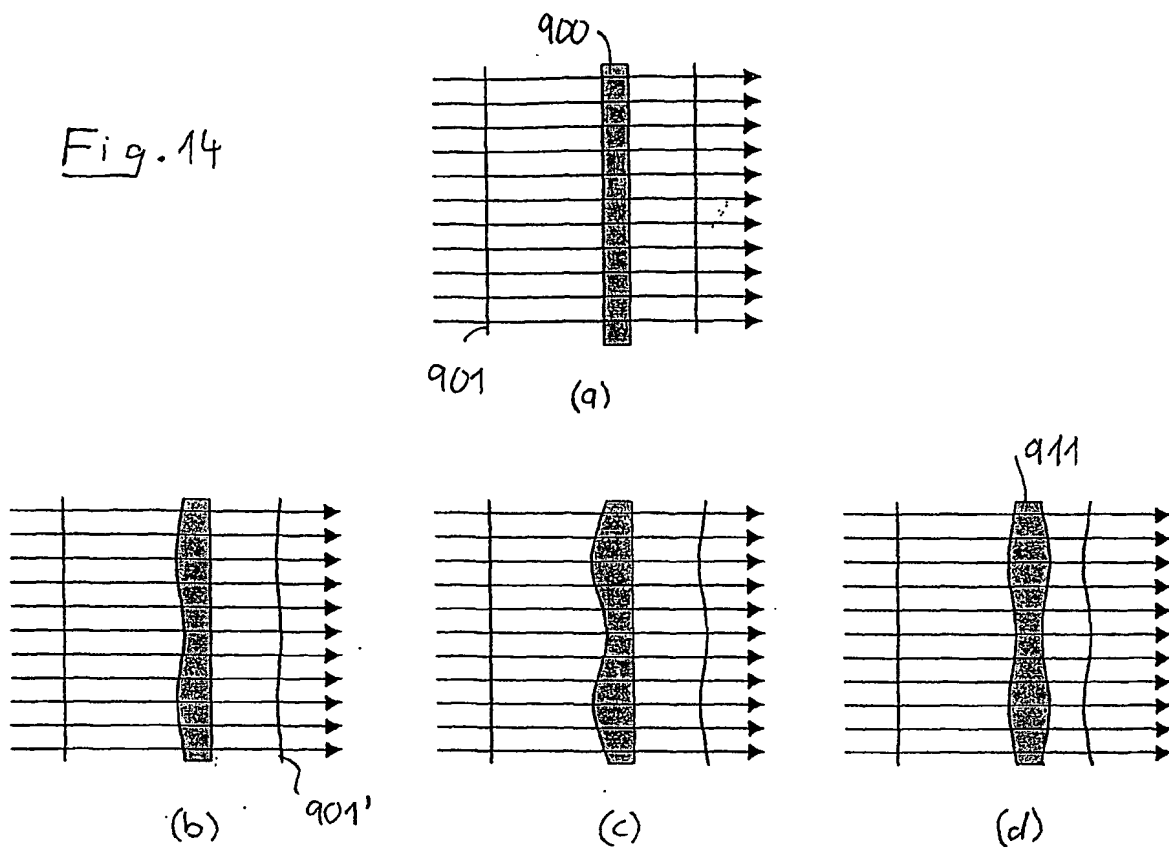


Fig. 15

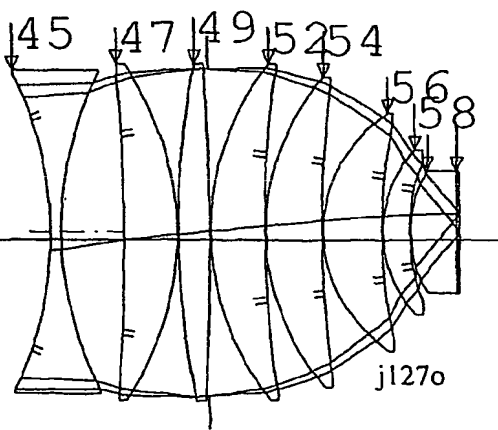


Fig. 16

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/007753

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 G03F G02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 100 02 626 A1 (CARL ZEISS) 26 July 2001 (2001-07-26)  page 4, line 62 - page 5, line 48 page 6, line 56 - page 7, line 14 page 8, line 22 - page 9, line 17 figures 1,5	1,2,5-8, 12,15, 16,21, 24-29
X	EP 1 061 396 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 20 December 2000 (2000-12-20)  figures 10,13,46; tables 4,5,16  ----- -/--	1,3, 9-11,13, 14, 17-20, 22,30

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 February 2005

Date of mailing of the international search report

25/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eisner, K

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP2004/007753

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 174 749 A (SVG LITHOGRAPHY SYSTEMS, INC) 23 January 2002 (2002-01-23) page 7, line 43; figure 3 -----	1
X	US 2003/002172 A1 (OHTAKE MOTOYUKI ET AL) 2 January 2003 (2003-01-02) paragraph '0157! -----	1
X	US 2002/039175 A1 (SHAHER DAVID R ET AL) 4 April 2002 (2002-04-04) paragraph '0098! -----	21
A	WO 02/052346 A (CARL ZEISS; CARL-ZEISS-STIFTUNG TRADING AS CARL ZEISS; SCHUSTER, KARL-) 4 July 2002 (2002-07-04) the whole document -----	1,21



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/007753

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10002626	A1	26-07-2001	WO 0150171 A1 EP 1242843 A1 JP 2003535356 T US 2003179356 A1 US 2004233409 A1 US 2003011894 A1	12-07-2001 25-09-2002 25-11-2003 25-09-2003 25-11-2004 16-01-2003
EP 1061396	A	20-12-2000	JP 3423644 B2 JP 2000352666 A JP 2000352667 A JP 2000356742 A JP 3376318 B2 JP 2000356743 A EP 1061396 A2	07-07-2003 19-12-2000 19-12-2000 26-12-2000 10-02-2003 26-12-2000 20-12-2000
EP 1174749	A	23-01-2002	US 6486940 B1 CA 2352088 A1 EP 1174749 A2 JP 2002090626 A	26-11-2002 21-01-2002 23-01-2002 27-03-2002
US 2003002172	A1	02-01-2003	JP 2002228928 A JP 2002228929 A TW 578007 B	14-08-2002 14-08-2002 01-03-2004
US 2002039175	A1	04-04-2002	WO 0150171 A1 EP 1115019 A2 EP 1242843 A1 JP 2001221950 A JP 2003535356 T TW 528880 B US 2003179356 A1 US 2004233409 A1	12-07-2001 11-07-2001 25-09-2002 17-08-2001 25-11-2003 21-04-2003 25-09-2003 25-11-2004
WO 02052346	A	04-07-2002	DE 10126946 A1 WO 02052346 A1 WO 02052303 A2 EP 1344111 A1 EP 1344112 A2 JP 2004524554 T JP 2004516526 T US 2003048547 A1 US 2004212899 A1	08-05-2002 04-07-2002 04-07-2002 17-09-2003 17-09-2003 12-08-2004 03-06-2004 13-03-2003 28-10-2004

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007753

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 7 G03F7/20

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 G03F G02B

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, INSPEC

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 100 02 626 A1 (CARL ZEISS) 26. Juli 2001 (2001-07-26)  Seite 4, Zeile 62 - Seite 5, Zeile 48 Seite 6, Zeile 56 - Seite 7, Zeile 14 Seite 8, Zeile 22 - Seite 9, Zeile 17 Abbildungen 1,5	1,2,5-8, 12,15, 16,21, 24-29
X	EP 1 061 396 A (CANON KABUSHIKI KAISHA) 20. Dezember 2000 (2000-12-20)  Abbildungen 10,13,46; Tabellen 4,5,16  ----- -/-	1,3, 9-11,13, 14, 17-20, 22,30

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Februar 2005

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

25/02/2005

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eisner, K

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007753

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 174 749 A (SVG LITHOGRAPHY SYSTEMS, INC) 23. Januar 2002 (2002-01-23) Seite 7, Zeile 43; Abbildung 3 -----	1
X	US 2003/002172 A1 (OHTAKE MOTOYUKI ET AL) 2. Januar 2003 (2003-01-02) Absatz '0157! -----	1
X	US 2002/039175 A1 (SHAFFER DAVID R ET AL) 4. April 2002 (2002-04-04) Absatz '0098! -----	21
A	WO 02/052346 A (CARL ZEISS; CARL-ZEISS-STIFTUNG TRADING AS CARL ZEISS; SCHUSTER, KARL-) 4. Juli 2002 (2002-07-04) das ganze Dokument -----	1, 21

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2004/007753

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10002626 A1	26-07-2001	WO 0150171 A1	12-07-2001
		EP 1242843 A1	25-09-2002
		JP 2003535356 T	25-11-2003
		US 2003179356 A1	25-09-2003
		US 2004233409 A1	25-11-2004
		US 2003011894 A1	16-01-2003
EP 1061396 A	20-12-2000	JP 3423644 B2	07-07-2003
		JP 2000352666 A	19-12-2000
		JP 2000352667 A	19-12-2000
		JP 2000356742 A	26-12-2000
		JP 3376318 B2	10-02-2003
		JP 2000356743 A	26-12-2000
		EP 1061396 A2	20-12-2000
EP 1174749 A	23-01-2002	US 6486940 B1	26-11-2002
		CA 2352088 A1	21-01-2002
		EP 1174749 A2	23-01-2002
		JP 2002090626 A	27-03-2002
US 2003002172 A1	02-01-2003	JP 2002228928 A	14-08-2002
		JP 2002228929 A	14-08-2002
		TW 578007 B	01-03-2004
US 2002039175 A1	04-04-2002	WO 0150171 A1	12-07-2001
		EP 1115019 A2	11-07-2001
		EP 1242843 A1	25-09-2002
		JP 2001221950 A	17-08-2001
		JP 2003535356 T	25-11-2003
		TW 528880 B	21-04-2003
		US 2003179356 A1	25-09-2003
		US 2004233409 A1	25-11-2004
WO 02052346 A	04-07-2002	DE 10126946 A1	08-05-2002
		WO 02052346 A1	04-07-2002
		WO 02052303 A2	04-07-2002
		EP 1344111 A1	17-09-2003
		EP 1344112 A2	17-09-2003
		JP 2004524554 T	12-08-2004
		JP 2004516526 T	03-06-2004
		US 2003048547 A1	13-03-2003
		US 2004212899 A1	28-10-2004

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**